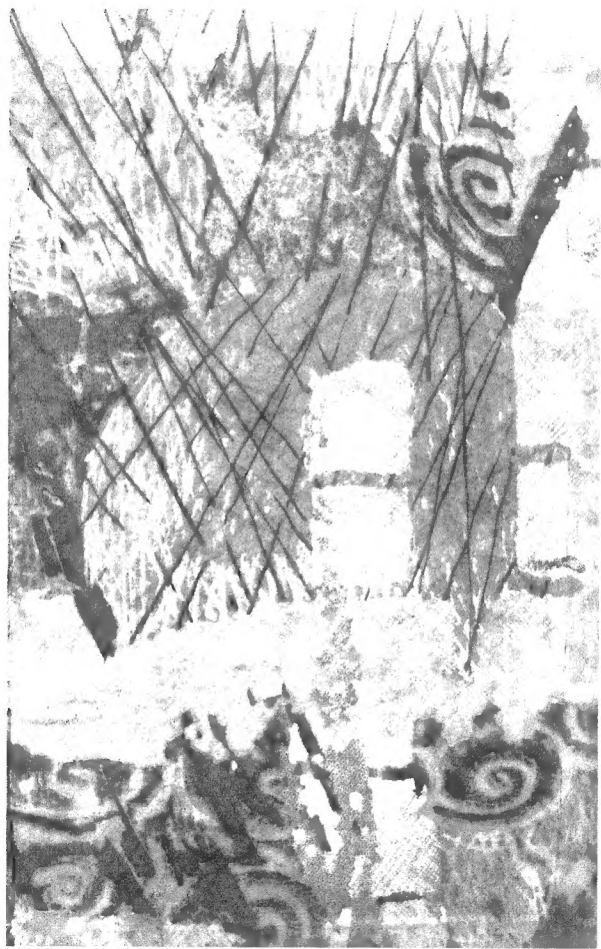




0015038





هرم الجيزة الاكبر

مقاصده وعملياته البنائية

فن وعلم وقصص

مزين بالرسوم

تأليف

المهندس الانجليزى د . دافرسون

نقله الى العربية

احمد فهد الحجازي

ليسانس في العلوم

جميع الحقوق محفوظة

مطبعة الاعتماد لشارع حسن الاكبر بمصر

١٩٤٩ - ١٩٥٠

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

كلمة المترجم

أقدم لقراء العربية عامة ، وللمهندسين منهم خاصة ، تحفة جمعت بين الفن والعلم والقصص ، ألفها المهندس الإنجليزي دافدسون ، عضو معهد مهندسي البناء ، وقدمها للمعهد على شكل رسالتين تلاهما على رجاله فحازتا الإعجاب وكانتا مثلاً ناطقاً ودليلاً شاهداً على عبقرية واضعها ، من حيث الوقوف على أصول الفن الهندسي ، ومن حيث ربط الفن بالتاريخ ، واستقراء الحوادث من الآثار ، والجمع بين رأى المؤرخ الراوية وللمهندس البناء . كل هذا في سلاسة وبساطة وتسلسل منطقي .

ولقد أبان المهندس دافدسون ، بشكل فذ ، الغرض من بناء الهرم ، وعلاقته بتعيين أوقات البذر والحصد ، وتحديد الأرض للمزراعة في الدلتا ، وذلك باستخدام انكساعات الضوء الساقط على أوجهه وما يستتبع سقوط الضوء من تكوين الظلال ثم بين طرائق قدماء المصريين في نقل الأثقال وجربها وحملها إلى أعلى البناءات ، بشكل مشوق مهيح استند فيه على أصول الفن من جهة ، وعلى النقوش من جهة أخرى ، وعلى ما ذكره المؤرخون والنقبون في الآثار من عصر للتأريخ هيرودوت إلى أيامنا الحاضرة .

حقيقة أن الأهرام ، وعلى الأخص هرم الجيزة الأكبر ، من عجائب العالم الماثورة . ولكن كل قارئ لهذا الكتاب سيخرج منه بأن البناء ليس أعجوبة

فحسب بل ان طريقة انشائه أمجوبة الأعاجيب . والكتاب على ما فيه من بحوث
فنية وهندسية سهل مستساغ لكل قارئ تقريباً . ولئن كان المهندس يجد
فيه طلبته ، فالنورخ أيضاً يجد فيه بحثاً تاريخياً شيقاً عن عصر الاهرام ، أرجعت
فيه الحوادث الى أصولها ، وصححت فيه الأغلاط الزمنية الخاصة بالملوك بناء
الاهرام .

وكان من حسن حظي ان وكلت الى مجلة الهندسة ترجمة هذا المؤلف الى
العربية ، فكنتنى من الاطلاع على هذه التحفة النفيسة . واني اتميز الفرصة
فاستعجت حضرات مواطنينا المهندسين على النهوض بالفن المصرى القديم ، فهم
في هذا الصدد أولى من الأجانب . سدد الله لنا الخطى ، وأرشدنا الى سبيل
الاصلاح والتجديد .

احمد قسسى أبو الخير

القاهرة في أغسطس سنة ١٩٣٠

الرسالة الأولى

المقاصد البنائية في الهرم الأكبر

كان غرضي حينما وضعت عنوان رسالتي أن أقصر بحثي على تصميم الهرم الأكبر وبنائه من وجهة المهندس واضع التصميم ومن وجهة المقاتل المشيد للبناء . ولكنني حينما بدأت في وضع مسودة رسالتي وجدت أن بعض قواعد التصميم ودرجة السكال العقلية التي يحصل عليها عادة عند تطبيق هذه القواعد ، تستلزم معالجة فنية أوفى . على أن رسالتي ، مع هذا ، ستكون مشوقة للغاية دون هذه المعالجة الوافية الواسعة . أنها قد تقصر دون تأييد قواعد التصميم المشار إليها للتأييد المرجو المقصود . لهذا أؤكد أن كل تصف أو خروج ظاهري في رسالتي كما قدمتها إنما يرجع الى منحى من مناحي البحث لازم . لسم قواعد التصميم في الهرم الأكبر وتأيدها . ولئن كان لي أن أضغ عنواناً جديداً لرسالتي لما اخترت الا العنوان التالي وهو « بيان تقدم الهندسة البنائية في الشرق القديم مع اشارة خاصة للبنائيات في عصر الاهرام ، ولما أنجزه هذا العصر من العمل العظيم في وضع تصميم الهرم الأكبر وبنائه . »

ولقد تعمدت أن أضمن رسالتي مناقشة تنظيم العمل الذي قام به بناء الهرم وطرائقهم في قطع الأحجار وتسويتها ورفعها ونقلها . بل تعمدت ذكر شق النظريات الخاصة بكيفية رفع الكتل الحجرية في الهرم ، وبيانات الطريقة الأكثر احتمالاً التي اتبعت في هذا الصدد . وقد تكرم على الأستاذ جون جودمان بأن أعارني بعضاً من ألواح صوره الأكثر اهمية وبعضاً من جهازه الخاص بتسجيل هذا القسم من الأعمال . ولكن مما يؤسف له ان الايضاح الكامل

لكل وجوه التصميم البنائية قد جعل من الاستحليل على اللقى في شرح هذه التفضيلات كلها في هذه الفرصة . ولعل في فرصة أخرى أستطيع ، اذا وجدت من أعضاء المعهد الاهتمام الكافي ، أن أضع رسالة خاصة في العمليات الحالية . واني عازم على تخصيص الوقت للمكن بعد انتهاء هذه الجلسة لأولئك الذين يرغبون الاستفسار عن بعض نقط البناء.

ان الغرض الرئيسى من رسالتى أن أثبت أن الهرم الأكبر قد وضع تصميمه وتم بناؤه لكي يظل قائماً الدهر كله . فاذا كان القصد من انشائه هو ذلك حقيقة ، ثم تم هذا القصد وأجز ، فإن الهرم الأكبر يكون بلا نزاع مسألة بنائية تستحق من المعهد دراسة خاصة .

حقيقة ان البناء قاوم تقلبات الزمن - من تغيرات عظيمة يومية في درجة الحرارة ، وتعرية ناشئة من رياح مصر الكثيرة المحملة بالرمال ، ومن ركوز كتلتها الهائلة ذلك الركوز المعروف ، والمهبوط للتبائن في طبقات أساسه المسكونة من الحجر الجبرى الطبيعى ، وهزات الزلازل الدورية العمودية على موقعه - حوالى أربعة آلاف سنة الى أن نزع العرب غطاءه الحجرى بعد الفتح الاسلامى خلال القرنين التاسع والعاشر الميلاديين . ومن ثم ظل كما تركه العرب منذ ألف سنة . ولسكن صادف خلال ذلك الوقت من صدمات الزلازل وهزاتها وما يستتبع ذلك من تأثير حركة المهبوط في البناء .

وكما قلت ان غرضى أن أدرس الموضوع من وجهة تصميم مهندس البنائيات ، ومن وجهة بناء المقاتول . وهذا بالضرورة يؤدى بنا الى وجوب مراعاة العنصر الانسانى لمصر خاص متعلق بطور ممتاز من أطوار تقدم العالم ، وهذا العصر ذو مصطلح عقلى خاص وفن قاصر عليه . وهو بناء على ذلك يستأزم قليلا من التدرج والاستطراد في الظروف التاريخية التى منها انبتق عصر الاهرام في مصر . ولكي أبين الحاجة لمثل هذا الاستطراد التاريخى . كما قلت - وبعبارة أخرى

لكي أبرره — أرى أن استصدر هذا الاستطراد بوصف موجز للوجه العلمية الجوهرية الخارجية لبناء الهرم الأكبر .

هذا الهرم هو أكبر الأهرام الثلاثة الضخمة التي جعلت — باشتراكها مع أبي الهول — لمضية الحيزة شهرة عالمية ليضمة آلاف من السنين . ولا زال هذا الهرم عجيبة البناء البارزة في العالم . وهو كما قال سير فلنדרز يرى Sir Flinders Petrie « أكبر كتلة تجمعت ، وهي مع ذلك أدق الكتل كلها بناء . »

وتبلغ مساحة قاعدته للربعة ١٣ فدانا انجليزية ، ويبلغ طول ضلع هذه القاعدة ٧٥٥ قدما و ١/٢ من البوصات . وتدل للظاهر البنائية الحالية على أن البناء قد عُنِ وجهه الشرقي بمراعاة الشمال الفلكي الحقيقي ، وأن قاعدة الرصف وجميع سطوح الفُرُش لكل اللدائيك البنائية المختلفة قد وضعت بوجه عام في منسوبها الحقيقي عند الانتقال من كتلة لأخرى في أى مدماك . وحتى بعد ما حدث خلال ما يقرب من خمسة آلاف سنة من تجدد القشرة الأرضية ، وهزات الزلازل ، ومن التحريف بسبب الهبوط ، لم تنحرف القاعدة للربعة عن موضعها الأصلي الا بمقدار ٣ ٦ ٠ ٠ . وأما قطرا القاعدة للتمامدان فقد انحرفا عن موضعيهما بمقدار ١٨ ٠ ٠ ٠ . وأما التغير من حيث النسوب الحقيقي حول القاعدة فهو فقط ٢ ١/٢ من البوصات أعلى أو أسفل للنسوب للتوسط للقاعدة ، وهو الذى على ارتفاع قدره ٢٢ ١٩٨ من الأقدام فوق متوسط منسوب سطح البحر في الاسكندرية في الوقت الحالى . وتلك حقائق مضبوطة حققتها مصلحة المساحة المصرية سنة ١٩٢٥ . وهذه الحقائق في الجملة تؤيد الارصاد للمساحية التي قام بها سير فلنדרز يرى قبل ذلك بربع وأربعين سنة . وتساو قاعدة الهرم بنحو ١٠٠٠ قدم عن السهل الرملي المجاور لها الكائن بين صخور هضبة الحيزة والأرض المزروعة من وادى النيل .

وتدل للمنحدرات الحالية للصخور المغلفة للقاعدة والتي لا تزال على حالتها الأولى على أن الارتفاع الأصلي للهرم ، أى البعد ما بين القاعدة والرأس ، يساوى ٤٨١ قدما

وبوصتين . وجميع المداميك ، ما عدا مدماك القاعدة ، عارية بتاتا عن الصخور المغلفة . ويبلغ الارتفاع الحالي لأعلى مدماك بنائى فى الجوف ٤٥٤ قدما و٤ بوصات . يقول سيرفلندرز بترى « ان الوزاع النفى . . . هوحب الفكرة الهندسية . فالخواص الهندسية التى يجمعها الشكل المختار للهرم لا يمكن أن تكون وليدة الصدفة العارضة ، وهى تدل على تقدير عظيم ودراسة وافية لعلم الهندسة . فنسبة الارتفاع الى محيط القاعدة كنسبة نصف قطر الدائرة الى محيطها (الزاوية تساوى ١٤٠°) . . . واذن فمن المحقق أن مسألة نصف القطر والمحيط كانت الفكرة الأساسية وتدلت شتى المطابقات للمساحات والسطوح فى جهات أخرى من الهرم على مثل هذه الآراء . » واذا بين هذا الحجة رأيه على هذا النمط فلا يمكن أن يؤدى الاصول رأى الى جدل وتناقض .

وثلاثة من الأوجه الأربعة الحالية — كما هو ظاهر من أرساد بترى الدقيقة — لا تختلف زوايا ميلها بشئ محسوس عن زاوية الانحدار البالغة ١٤° ٥١' وذلك للتقيد بصله النسبة التقريبية ط . أما الوجه الرابع فزاوية انحداره أكبر قليلا . فهى تبلغ ٢٤° ٥٢' . وتراجع هذه الزيادة الى التأثيرات الثانوية لحزة زلزلية كما سافسره فيما بعد .

واذ علمت هذه الخاصية الاضافية لنسب الهرم كما وصفتها لك ، فإنه يتضح أن هذه النسب انما اختيرت عن علم ومعرفة . فاذا أخذنا مقطعا رأسيا قائما للهرم وجدنا أن ضلع القاعدة ليس مساويا فقط لطول قوس ربع محيط الدائرة التى نصف قطرها يساوى ارتفاع الهرم ، بل ان مساحة مقطع الهرم تساوى مساحة ربع الدائرة . وتلك بطبيعة الحال خاصية تنبعت من النسب المختارة . وهى خاصية ليست معروفة جد للمعرفة فى أيامنا الحاضرة ، بسيطة حين تُعَيَّن كما يبدو من صلاتها وعلاقتها . أما أن البعدين ، وهما ضلع القاعدة والارتفاع ، قد اختيرا اعتبارا للهرم ، وأنها فى الوقت ذاته يكشفان عرضا للعلاقين الهندسيين الشهيرتين للذكورثين ، فيكاد

يكون مستحيلا . واذن لا يكون أمامنا إلا أن نستنتج أن الهرم الأكبر قد بقي قصدا لتخليد هندسة الدائرة .

تدل هذه النقطة وغيرها بخصوص الهرم الأكبر على أن بنائه اذ ذاك كانوا يعرفون العلوم الرياضية العالية . ولا توجد مع ذلك كتب مصرية قديمة في العلوم الرياضية ، بل ليست هناك بينة تدل على أن كتابا من هذا النوع قد وجد في مصر . حقيقة أن بردية ريند Rhind الرياضية هي مجموعة قواعد تقريبية للعد والحساب ، لأنه كما قال بترى « يجب علينا دائما أن نذكر أن بردية ريند ليست دراسة صريحة للنظريات بل كانت مجرد كتيب لتدريب السكتبة عمليا على عمل الحسابات . » ولقد بين حديثا الأستاذ ت . إريك بيت T. Eric Peet أن بعض القواعد المذكورة في تلك البردية خاص بحل معادلات الدرجتين الأولى والثانية ، وأيضاً بحل للتوالي العددية ، ولكن بطريق التجربة البسيطة . على أنه بعد ذلك ادعى عالم روسي أنه أثبت ، من قواعد أخرى ، وجود معرفة سابقة بعلوم رياضية أكثر تقدما واعتياصا .

ومعها كان أمر ذلك فقد سبق أن أشرت الى أن النظام التروولوجي ، أي للتملق بالموازين والمكاييل ، عند قدماء المصريين قد نشأ من مصدر خارجي عن مصر . ولقد ثبت أن ذلك النظام قد وجد بقصد تمكين الأمم الفطرية نسبيا ، كقدماء المصريين ، من أن يقوموا بالأعمال الفنية الراقية تحت اشراف وارشاد نفر من مهرة المراقبين الأجانب . وكان هذا النظام التروولوجي الأساس الأولي الذي بسببه استعالت عناصر العمل في مضبوط علم للنشآت والبنائيات المرتبة الى قواعد عملية بسيطة ، بطريقة تشبه كثيرا الطريقة التي اتبعتها كتب الهندسة الحربية الخاصة بساحة الحرب ، فاستعالت قواعد العمل الهندسي الحديثة المتقدمة الى تلك القاعدة البسيطة قاعدة التوضيح بإبهام اليد .

وإذا ما فحصنا البيانات المقدمة من جميع المصادر استطعنا أن نصل الى نتيجة

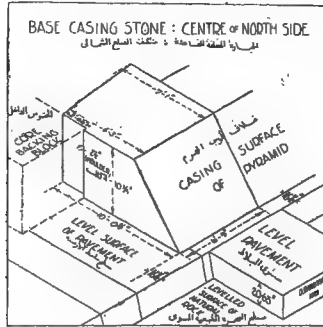
واحدة محتملة . وهى أن المعلومات الرياضية، والفنية أيضا اللازمة للبيانات الضخمة فى عصر الأهرام لم تكن من بنات أفكاز المصريين ، بل كانت لبضعة أجناب أقاموا فى مصر فى ذلك العهد ، وهؤلاء الأجناب صاغوا من هذه المعلومات قاعدة بسيطة فهمها المصريون وانتفعوا بها ، وكان القصد منها تعليم المصريين وتدريبهم على إنجاز بنائات هذا العصر الماثلة الدقيقة . يقول بترى « ان اللزانة والمهارة اللتين تنسبان الى المصريين عن طريق إنجاز مثل هذا البناء كانتا كسبا عظيما لسمعتهم الوطنية . » وفى موضع آخر من كلام بترى ، ذلك الحقبة الكبير ، ما يؤيد تأييدا منطقيا مذهبته اليه من أن فكرة هذا البناء والدقة التى بذلت فى إنجازها لم تكونا إلا لبضعة نفر أجناب استوطنوا مصر . فهو يقول « ان الصناعة الفائقة الفاخرة التى كثيرا ما وجدت فى مخلفات ذلك العهد القديم لم تكن منوطة بمدرسة كبيرة أو كفافة عامة شائعة بين الناس مثل ما هى منوطة ببضعة رجال بزوارقهم . » ثم قال بعد أن أشار الى الدقة الفائقة لبعض الأعمال فى الهرم الأكبر والى ما بعدها من الأعمال التى لا تقل عنها دقة « ان الدقة الفائقة كانت قاصرة على عبقرية شخص واحد . »

أما مستوى الصنعة الذى يدل عليه مدخل المر والحجارة المنقطة فى الهرم الأكبر فهو مستوى راق عجيب . ويقول بترى بصدد هذا الجزء من البناء « ان انبساط الوصلات وتربيعها فريدان فى بايها ، وما أشبهها بعمل صانع المناظر البصرية فى أيامنا هذه ، وانما على نخط من المادة أوسع يقاس بالاندقة لا بالاقدام أو الياردات . » وكلام بترى هذا خال من كل معانى المبالغة ، فان كل الفرش والوصلات موضوعة ومصنوعة بدقة حتى أنه فى أيامنا هذه لا يمكن ادخال ورقة رفيعة بين الحجارة التى ظلت الى يومنا سليمة رابضة فى مكانها . ومع ذلك فان شريطا رفيعا من السمنت موجود بين جميع الفرش والوصلات . ويوجد من الوصلات الرأسية ما مساحته نحو ٣٣ فدانا انجليزيا ، ومن الفرش نحو ٤٨ فدانا

انجليزيا ، يفضلها بعضها عن بعض طبقات من السمنت في سمك ورقة النشاف .
وأما الحجارة للنفطية لقاعدة الهرم فتختلف في الوزن من ١٢ الى ٢٠ طناً ،
ولا يوجد في البناء كله حجر يقل وزنه عن طن واحدة . ولكن متوسط ثقل
الحجر الواحد يقرب من طنين ونصف طن . وأما الشقوق التي حدثت من تنظيم
الحجارة وترتيبها فانها كانت توسع ، ثم يمد ملء التجاويف بقطع ملائمة من حجر
الجير وتثبت هذه القطع بسمنت يكاد يكون غير منظور .

وهنا يقول بترى « ان مهارة للصريين في وضع سمنت الوصلات من
الصعب ادراكها . فان طريقة وضع السمنت في الوصلات الرأسية في الهرم التي
تبلغ مساحة كل منها ٥ × ٧ من الاقدام والتي يبلغ سمكها جزء من خمسين جزءاً
من البوصة لا تزال لغزاً . وبما يزيد في اعتياض هذا الاغز أن الوصلة لا يمكن
ترقيتها بذلك نظراً لكونها وصلة رأسية ، ولأن الكتلة الحجرية تزن ١٦ طناً .
ومع ذلك فقد كان هذا النمط من العمل هو الذي اتبع فيما تقرب مساحته من ١٣
فداناً انجليزياً بما فيها من عشرات ألوف الكتل الحجرية المفلقة التي لا يقل
وزن الواحدة منها عن طن . » وأنا أقدر عدد هذه الحجارة المفلقة بنحو ١٤٠٠٠٠
على أن تعرية ذلك الحجر الخلف الذي ذكره بترى قد كشفت عن وصلة { تجدد
في شكل (١) مسقطها المتساوي القياس Isometrie projection } رأسية مساحتها
٥ × ٨ ١/٢ من الاقدام ، وتدل على وزن يبلغ ١٩ طناً تقريباً . وقد أشار
الكونولونيل هوارد فايس Howard Vyse الى قطعة زاوية مكسورة من
حجر مغلف من منذ ٩٠ سنة لاصقة بالركن الاسفل القريب حيث يقول « كانت
قوة لصوق السمنت الذي استعمل للصق الحجارة المفلقة بعضها ببعض شديدة
بحيث ان قطعة من حجر مهشم بقيت ثابتة في خطها الأصلي ، على الرغم من مر
الزمن وما تعرضت له من عبث الطوارئ » .

ومن ثم فان ما يقول عنه كل من بترى وفايس بأنه سمنت قد عرف تعريفاً



شكل (١) نسط ايسومتري (متساوي القياس) لقطعة الحجر الكبيرة الفلاية الموجودة في منتصف النخل العمالي للقاعدة . وهذه القطعة تزن ١٩ طنا

أكثر ضبطا ودقة . وتطبيقا لذلك يقول بترى في كتابه « فنون قدماء المصريين وصناعاتهم » ما يأتي :- « استعمل الملاط باستمرار في بناء الاهرام كقرش المله . الوصلات وتسوية الثقوب للوجود في الواجه . وهذا الملاط لستعمل خليط من الحجر المعادي والجبس (عجينة باريس) وكربونات الجير وكبريتاته . أما كيف كانوا يضعون هذا الملاط في وصلات غلاف الهرم فللا يزال لغزا مجهولا . وكذلك ملئت الوصلات البنائية بين المار والمخادع بالملاط ، مع اقتراب هذه الوصلات ، بحيث يكاد الملاط لا يرى . أما في قلب البناء وفي الثقوب فقد صب ملاط خشن من الحجارة . »

وقد دلت التعرية الحديثة لبلاط القاعدة على أن دقة السطح في القرش والوصلات قد لوحظت أيضا في السطوح للقلعة الخارجية ، وهي كما يقول بترى « معادلة لدقة صانع للناظير البصرية في أيامنا الحاضرة . » وقد كتب مستر مرتن

إدجار Morton Edgar عن الهرم في صيف سنة ١٩٠٩ عندما عريت الحجارة للمعانة يقول « حينما وقفت في النهاية الشرقية لخط الحجارة للعلفة ونظرت الى الأوجه العليا والأمامية للصف الأسفل الطويل الممتد أمامى مسافة ٨٦ قدما ، وأجلت النظر في الجهات الأربعة لهذه الأوجه أدهشنى ذلك الاستواء المعجب والمظهر الأملس الصقيل في كل من هذه الأوجه ، وأعجبت بتلك المهارة الفائقة التى تحلى بها بناء الهرم الأقدمون . ولا أعالى ان قلت ان السطح العلوى من حيث الاعتدال والانتظام والتسوية كأنما هو سطح منضدة البلياردو . »

فكانت هذه الإشارة الخاصة بالملاسة والعقل ، مضافا إليها الموازنة التى أجراها بترى الخاصة « بعمل صانع المناظر البصرية الحديث » السبب الذى أدى إلى تكوين رأي القائل بأن السطوح الخارجية للهرم الأكبر قد صممت بحيث تكون سطوحا عاكسة . والظاهر أن هذا رأى قد أيده الدكتور هنريك بروجسك Dr. Heinrich Brugsch بترجمته الاسم الذى كان يطلقه قدماء المصريين على الهرم الاكبر وهو « خوتى Khuti » بكلمة « الأضواء . »

على أن نظرية انعكاسات الهرم هذه قد تأيدت أيضا عند ما طبق الاختبار الفلكى مباشرة . وقد أثبت هذا أن انعكاس الضوء ظهراً ناحية الجنوب من الوجه الجنوبي للهرم الاكبر يكون مرتفعا فوق الأفق خلال المدد الفلكية للتعريف والشتاء والربيع ، ومنخفضا تحت الأفق خلال الصيف . أما في ظهر اليوم الذى يبدأ فيه الصيف أو اليوم الذى ينتهى فيه فان الانعكاس يكون أفقيا .

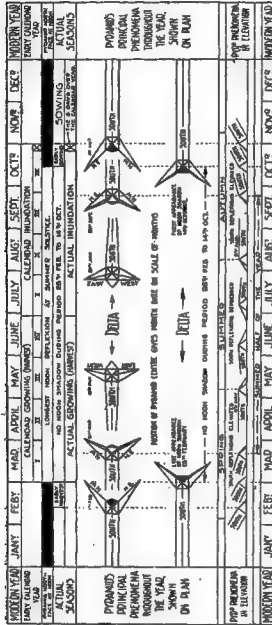
ودل البحث أيضا على أن الانعكاسات الحادثة عند الظهر من الوجهين الشرقى والغربى تمتد كأنما هما جناحان مديان ، والنهاية للدببة لكل جناح تقع على الأرض جنوبى الشمال الشرقى قليلا والشمال الغربى على التوالى خلال الشتاء ، وشمالى الشمال الشرقى قليلا والشمال الغربى خلال الربيع والصيف والخريف . وتعلينا هذه الانعكاسات عند جوانبها ، اذا رؤيت من ناحية الشمال ، سطح انعكاس

رأسي تماما في اليوم الأول من نوفمبر واليوم الحادى عشر من فبراير ، وهذا السطح
الرأسي فضلا عن ذلك يقع على امتدادى قطرى قاعدة الهرم ، أى ناحيتى الشمال
الشرقى والشمال الغربى على التوالي للانكاسين الشرقى والغربى . والتاريخان
المذكوران هما تاريخ بدء السنة المصرية الزراعية التى تبدأ بموسم البذر ،
وتاريخ الحصاد المبكر عند قدماء المصريين . وقد أوضح سير ج . فريزر
Sir J. Fraser فى كتابه « الفصن الذهبى Golden Bough » وفى مؤلفاته الأخرى
أن العيد الزراعى للبذر ، وهو الذى يقع فى أول نوفمبر ، هو أقدم عيد دينى فى العالم .
وما الأعياد الحديثة لجميع القديسين والشهداء التى تقيمها فى اليومين الاول والثانى
من نوفمبر الا احياء لتلك العيد الزراعى القديم عيد بذر البذور .

ولهم ظاهرة أخرى هى ظله عند الظهر . فلولجه الشمالى ظل يظهر عند
الظهر خلال الفترة من ١٤ أكتوبر (حيث يبدأ البذر المبكر) الى ٢٨ فبراير
(حيث يبدأ موسم الحصاد) . ولن يظهر ظل عند الظهر فى المدة من ٢٨ فبراير الى
١٤ أكتوبر . ومن ثم يتضح أن ظاهرة الانكاس ظهرا للهرم الاكبر وظاهرة
الظل الظهورى لم يمتدنا الفصول السنوية بحسب بل عينا أيضا بالضبط مواعيد السنة
المصرية الزراعية ، من حيث البذر المبكر والحصاد المبكر ، وأيضا من حيث البدء
فى عمليتى البذر والحصاد المبكرين بوجه عام . وما بلغت النظر أن امتدادى الخططين
الشمالى الشرقى والشمال الغربى للانكاسين الظهريين الشرقى والغربى ، فى اليوم
الذى تبدأ فيه السنة الزراعية ، يمينان حدود المساحة للزراعة فى الوجه البحرى أى
فى الدلتا ، وإن الهرم الاكبر يوجد فى الرأس الهندسى للدلتا .

نستخلص من كل ذلك أنه قد وضع تصميم خارج الهرم الاكبر واختير مقره
بالذات لكي يكونا دلائل على اللواسم والفصول السنوية . فاذا كانت هذه النتيجة
التي استخلصناها صحيحة فإن هذا البناء يكون قد روى فى تصميمه أن يكون له
دخل فى النظام الاجتماعى لمصر القديمة . أما أن يكون هذا القصد من التصميم قد تحقق

ألم لم يتحقق فهذا شيء آخر . وكل ما عترضه يرى على هذا الرأي ينحصر في



من تصميم الهرم — مسترجون شكل (٢) الهرم الأكبر كزولة لبيان النصول

ايتمكن John Aitken خلال بحثه الدقيق في وظائف الفبار الجوى .
ولست أرى من الضروري أن أناقش ما اذا كانت هناك أولم تكن
تفصيلات لاحقة لتوكيد مسقط الانعكاسات ولجعل الانه كاسات نفسها ماثلة

أنه لا يظن أن السطوح ذات
الحجر الجيري يمكن صقلها فتعكس
الضوء . وهذا الاعتراض من
الوجهة الهندسية البحتة يكاد
يكون صحيحا ولكن اذا طلب
الى أن أجل السطوح عاكسة
ضمنت ذلك مشروطا بملاءمة
الأحوال الجوية . ولقد كانت
الحاجة لتوافرها هذا الشرط الأخير
العقبة الحقيقية التي اعترضني الى
أن أمدني السكاكين فرد ويتكرر
Fred Whitaker كبير معلمي
الإشارة في الجيش الخامس
بمعلومات وثيقة وأنية تدل على
أن الانعكاسات في أجواء الصحراء
التي تعمد القطر للصرى ممكنة
وترأها العين . وقد فسر هذه
الظاهرة — التي بررت القصد

بوضوح . وتوجد طرائق كثيرة العدد يمكن بها الحصول على كل من السقوط والانكسارات على أمتحما . وأنى مقتنع بأن القصد من التصميم من هذه الناحية قد تحقق . وكما قال بترى بصدد الخواص الهندسية للهرم ، نقول نحن بصدد خواص الانكسار : « ان الخواص التى تجتمع بصدد الشكل المختار (وهنا أضيف أيضا المكان المنتخب) ليست وليدة الصدفة العارضة . »

وهذا النموذج، الذى ترونه للهرم قد صنعه مستر ج . رودس Mr. J. Rhodes من ألواح الزجاج الأبيض ، وهو يوضح تماما كل ما تستطيعه أوجه الهرم الأكبر المقعولة المبنية من الحجر الجيرى، وكذلك يوضح كل مقاصد التصميم، وقد وضع مستر رودس تصميم هذا النموذج مراعى فيه مسألة الضوء لبيان الانكسارات الموضحة على عدة لوحات حضرتها بنفسى بخصوص الهرم . وقد أعار النموذج للأستاذ جون جودمان John Goodman لاستخدامه عند لقاء المحاضرات ، وبإشارته تكرم مستر رودس فأعازنى هذا النموذج لهذه المناسبة .

ومع ما فى كل ذلك من الجمال من الوجهتين النظرية والعملية وجد اعتراض قد يبدو من مظهره أنه وجيه لا يقبل الجدل . ذلك أن غالبية علماء الآثار المصرية يعتقدون أن قدماء المصريين لم يكن لهم تقويم سنوى ثابت ، وأقصد بكلمة ثابت أنه راكز لا يتزحزح بالنسبة الى البنية الشمسية . وهذا يصدق عن الفترة ابتداء من الأسرة الثامنة عشر فما بعد ، حيث لم يكن قد لوحظ بعد أن هناك سنة كبيسة أو أية طريقة أخرى لضبط التقويم . والظاهر أن الأسماء الموسمية لشهور هذا التقويم الثقيل تدل مع ذلك بوضوح على أنه مضى وقت كانت فيه هذه الشهور متصلة بالفصول السنوية التى سمت بأسمائها . ومن ثم قد أعددت خريطة لبيان التوقيعات الموسمية تقلا عن ثلاثة مصادر مستقلة بعضها عن بعض ، وأخرى لتوقيعات التقويم السنوى تقلا عن المونومات المؤرخة لللاثنى عشرة أسرة الأولى . ولقد دل توافقت هاتين الخريطتين المنقولتين على أن التوقيعات المتتالية

للتقويم السنوي القديم متوافقة مع توقعات السنة الشمسية، ومعنى هذا أن التقويم المصري كان محدوداً معيناً خلال زمن الاثنتي عشرة أسرة الأولى . وفي هذا التقويم يتفق أول موسم البذر مع أول موسم البذر في أيامنا الحاضرة وهو أول نوفمبر أو ما يقرب من أول نوفمبر .

وتدل الخريطة على أن العمل كان حراً خلال التاريخ المصري كله بالنسبة لبعثات العمال البعيدة للمتدين وقطع الحجارة المخصصة — المرمر والجرانيت والديوريت — بين نهاية البذر وبدء الحصاد فقط . ولقطع الحجارة الأخرى التي لا تنقل إلا زمن الفيضان بين مؤخره الصيف وبدء موسم البذر .

أما في حالة قطع الاحجار الجيرية للاهرام من الجهات المجاورة ، حيث المحاجر توجد في جانب النيل المقابل ، فقد كان القطع يبدأ عند نهاية الحصاد زمن فيضان النيل ، حيث يسهل نقل الحجارة عبر النيل من المحجر الى مقر الحرم . واخالكهم توافقون على أن هذا المحصول العلمى الراقى ، وذلك التقدم الفجائى لمدنية عصر الازهرام، يستلزمان شرحاً مستفيضاً وافياً بالفرض . لأن الوضع التاريخى في هذا الصدد، كما سيتضح، متعلق تماماً بالبحث الذى يبحث لا يمكن فصل أحدهما من الوجهة المنطقية عن الآخر . وكأن بعض علماء أوربا أو أمريكا الحاليين ، من علميين ومهندسين ومشرعين ، قد انتقلوا القهقرى الى تلك العصور السالفة في أيام الاسر المالكة المصرية القديمة، كمرشدين أجانب بين عمال قدماء قادرين جسيماً . واذاً فلنبحث كيف أن الظروف التى هيأت الفرصة لهذه الموازنة التقرية قد تهيأت هى أيضاً ونهضت .

ظهرت في الفترة ما بين سنتي ٤٠٠٠ ق ٢٥٠٠ قبل الميلاد مدنية عجبية هى التى مهدت السبيل الى بعث وتوجيه كل المدنات المعروفة في الشرق القديم . وفي مؤلف نشرته سنة ١٩٢٤ على الحرم الاكبر ذكرت الادلة الأثرية والجغرافية المؤدية الى استخلاص أن أم المدنات ظهرت في الوجود فيما نسميه الآن أواسط

آسيا الصينية . ولقد أدهشني أن مؤلفي كتاب كهرج في التاريخ القديم يوافقوني مستندين في ذلك على براهين تخالف براهيني بتاتا .

وفي مؤلف لي نشرته سنة ١٩٢٧ واسمه (مصر القديمة وبابلونيا وآسيا الوسطى) ذكرت كل للمومات التاريخية على صيغة عرض تحليلية طبقت بنجاح في حل للسائل المعقدة في العلوم الصناعية . وقد أجمعت البيانات المتألفة المترابطة على اثبات ما ذهب اليه منذ سنوات الاستاذ A. H. Sayce . هـ . سايس A. H. Sayce ، وهو أول من استكشف مدينة الحيتيين Hittite ، من أن ظهور المدينة يرجع الى انتشار العناصر الراقية من الجنس الأبيض في قديم الزمان . وفي إحدى الصور الموجودة في الكتاب بيان لخطوط المواصلات حوالى سنة ٣٠٠٠ قبل الميلاد ، وهي خطوط تجارية بحرية شاطئية بين البحار الداخلية ومصاب الأنهار الكبيرة ودالاتها . ويدل أحد الخطوط المرسومة على أن دلتانهر الاندس Indus هي في الظاهر مركز الثقافة المدنية الأولى الوالدة ، وقد وجدت لها في الهند عن طريق المعاملات مكانا وطيدا .

وفي الوقت الذي كنت أعد فيه كتابي كنت أجهل أعمال التنقيب عن الآثار التي كانت تجري في وادي الأنديس . وقد ظهر اذ ذاك في الجرائد الهندية والأوربية أول التقارير عن النتائج التي حصل عليها . وتدل هذه النتائج على أنه وجدت في وادي الأنديس مدينة معاصرة لزميلاتها في وديان الفرات والدجلة ونهر النيل . وقد أجمع المؤرخون رأيهم على أن البيانات المستقاة من جميع المصادر التي عرفت اذ ذاك تفترض وجود مدينة رابطة ، أو كما قلت مدينة والدة ، في جهة ما شرق الدجلة أو شمالي الأنديس أو في الشمال الغربي منه . ويصل بنا هذا الموضع الأخير بالضبط الى الطريق البري التاريخي بين بلاد بين النهرين وأواسط آسيا الصينية ، وهو الطريق الذي انتقلت خلاله الثقافة الأغريقية بعد الاسكندر

الاكبر ، والذي سارت في الجهة المتقابلة له بعد ذلك جيوش الغول بقيادة جنكيز خان .

وهذا يفسر لماذا أن الرأي الفطري لقدماء السككديين والمصريين عن الدنيا ، القائل بأن الدنيا هي بلاد مصر أو بلاد الكلدان تحيط بها الجبال من جميع الجوانب ، لا ينطبق على كل من هذين القطرين ، ولكنه تمثيل صادق لمهد مدينتيهما في أواسط آسيا الصينية . وهذه المنطقة كما ذكرت في كتاباتي لم تكن موطناً للجنس الأبيض ، بل كانت الجهة التي إليها هاجر هذا الجنس مرغماً حوالي سنة ٤٠٠٠ قبل الميلاد .

على أن العامل المقلق البادى لكل من بحث هذه المسألة إنما هو في تحليل وجود مدينة في اليابسة بذرت بذور ثقافتها خلال طرق البحر التجارية ، وإن يكون هذا التحليل مقنعاً . وقد كانت طريقة شحن السفن وسيرها في محاذاة الشاطئ موجودة قبل أن يعتمد العلم الحديث السفن بالتحسين في نظام بنائها وفي الملاحة . لأن ذلك لم يكن ، كما قلت ، مجرد هجرة وانتقال لعناصر الجنس الأبيض الزافي ، بل صقلاً مستمراً لثقافة هذا الجنس ونشراً متواصلها في الدنيا القديمة .

واضطرب هؤلاء الطلائع الأول الى السير في هجرتهم برأ قاصدين دالات الأنهار ومسابها . وهنا على قلة عددهم وضآلة جالياتهم المنزلة — وربما كانت الحالية يمثلها فرد واحد في كثير من الحالات — دربوا أنفسهم وأعدوها لحاجات وأوساط أولئك الناس الفطريين الذين أقاموا بين ظهرانيهم . وعلى ذلك أقام منذ ٥٠٠٠ سنة أول ناشري المدنية كما يتيم خلقه اليوم . ولقد استعمل الأول الأجر والملاط لأنه وجدها ، ورأى الأشياء على الفطرة فحسنها وعدلها ، وجعل يدخل التحسين والتقدم في الموارد الوطنية فحسن البيئه مع العقل . ولذلك نجد في بلاد بين النهرين وبلاد العرب وفي سوريا ومصر والهند وبلاد البحر الأبيض المتوسط

أن اللغة والدين والفن والعلوم والقانون والتجارة الفطرية قد تقدمت عن طريق التعليم الطائفي، وإنما خلال وسائل طبيعية ملائمة لكل صيغة من صيغ الثقيف الوطني الاولى الركيك .

وتقدم بناء السفن التي كانت تجوب حول شواطئ بلاد العرب فتحول الى طراز يجوب البحار، وبالبسطول التجارى الاول الذي أنشئ. بدأت التجارة البحرية تنظم . وللك سميت السفن التي أنشئت خارج مصر والتي كانت تتاجر مع مصر القديمة « السفن الاجنبية » كما أشير اليها في المدونات الوطنية .

ولقد أثبت سير هنرى براون Sir Harbury Brown مدير الرى العام السابق للدلتا أن ما يبدو الآن كأنه خندق يمر خلال وادى الطوميلات كان فيما مضى من سالف الأزمان فرعا ضعلا ضيقا للنيل، يصله بالبحر الاحمر . وقد امتدت على طول وادى الطوميلات نهيرات أخرى صغيرة تفرها مياهه . ولعل ذلك كان (وان يكن مشكوكا فيه) أول ظهور للنقل المائى بين البحر الاحمر والابيض للمتوسط عن طريق قنوات النيل فى الدلتا . ومهما كان أمر ذلك فإن ابتداء مدينة الأسر المالكة فى مصر قد أدى على الفور الى تواصل بحرى مع كريت ، والى ظهور مدينة كريتية . وكانت سفن البحر الأبيض للمتوسط فى هذا الزمن تسيّر بالمخاضيف وتختلف حجما إلى ما يقرب من ١٠٠ قدم . وقيل بدء العمل فى الهرم الأكبر بعشر سنين اشتغلت أربعمون سفينة سنويا فى نقل خشب السدر من شمال سوريا . وفى أحد المدونات لهذه السنة ، وفى آخر السنة التالية ، ذكر لبناء هذه السفن : وكذلك بناء نحو ستين زورقا فى سنة واحدة ، وهذه الزوارق كما هو ظاهر كانت للنقل عبر النيل وفى مجراه . وكان طول الزورق حوالى ١٧٢ قدما . يتضح من ذلك أن التسميلات التجارية كانت موجودة، قبل البدء فى بناء الهرم الأكبر، للحصول من المصادر الخارجية على ما يصح أن نسميه مستلزمات للتأول . وهذه تتضمن مواد كالخشب للأعمال الوقتية واللزوارق ، وفلزات ومواد

أخرى للسبائك المعدنية التي تستعمل في صناعة العدد والأدوات الأخرى . وهذه الأدوات كانت تصنع غالباً من النحاس ، على الرغم من أن الحديد استعمل زمناً طويلاً ، وإنما على نطاق غير واسع . ومنذ قرن استكشف السكولونيل هوارد فيس Howard Vyse قطعة من صفيحة حديدية (ساج) بين كتل الصخور في قلب الهرم الأكبر ، ومنذ عشرين سنة وجد مستردو كفنجنون Mr. Dow Covington حلقة حديدية - من حديد افترض أنها خلخالاً - ملقاة في إحدى الأنايب الهوائية للهرم الأكبر .

وكثل للآلات المستعملة في عصر الهرم ذلك النموذج من الأزميل الذي كان يستعمل في زمن الحكم الذي بنى فيه الهرم الأكبر . وهذا الأزميل يتألف من الجزء الشفالي ، ومقطعه على شكل ١ ، ومن القبض ومقطعه دائري . والحافة الرفيمة للجزء الذي مقطعه ١ لها حافات متتالية قاطمة . ولكي تمد حافة جديدة قاطمة تطرق الشفاه حتى تغطي حافة أخرى قاطمة ذات مقطع أوسع ويقول سيرفلندرز بترى « في الفترة ما بين الأسرتين الأولى والرابعة كانوا يجمدون النحاس بالزرنخ إلى ٦ و ١٠٪ منه وبالمنجنيز إلى ١٪ منه ، وبالزمنوت إلى ١٪ منه ، وبالتصدير من ٣ إلى ٩٪ منه ؛ وهذا كان يوجد به كثير من الأكسيد ، وكان يطرق بشدة ، وكل هذا كان يجعل للنحاس حداً كحد الصلب الطري . »

واستمرت عملية الصقل التثقيفي هذه التي ذكرناها ، والتي أنجبت مثل هذه النتائج السريعة للدهشة خلال الدنيا القديمة ، سائرة بانتظام حوالى الفترة ما بين ٣٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ قبل الميلاد . وفي سنة ٣٠٠٠ قبل الميلاد تقريباً أخذت المدينة في وادي دجلة والفرات وفي وادي النيل والاندس شكلاً معيناً . فقبل هذا التاريخ توطلدت مدينة الامرات في مصر . ولهذا للناسبة يفسر التقدم الذي جئنا على خلاصته رأى سيرفلندرز بترى الخلاص بمدة الأسر الثلاثة الأولى - وهي مدة

الاسر التي سبقت بناء الهرم الاكبر . حيث يقول « ان التقدم السريع في الفن هو أظهر جهود ذلك العصر . وما كاد قوم الاسرتك يظهرون حتى بدأت الخطوة الاولى العظيمة في الفن . ثم تقدم الفن بسرعة حتى بلغ الكمال داخل حدوده الطبيعية » وتدل المدونات المعاصرة على أن طور التقدم السريع الذي يشير اليه ترى لم يشغل أكبر من أربعة قرون ونصف قرن . وجاء بعد ذلك مباشرة عصر بناء الهرم الاكبر .

وسرعة الانشاء والبناء هي أظهر المظاهر في زمن الهرم . فقد بنيت أربعة أهرام ضخمة تشمل من البناء ما حجه ٢٥١ مليوناً من الاقدام المسكبة في ظرف ٦٨ سنة كما تدل عليه المدونات المعاصرة . وهذه الاهرام هي على الترتيب هرم سينفرو الشهير ان وهو آخر ملوك الاسرة الثالثة ، وهرم الجيزة الاكبر والهرم الأوسط اللذين بنيا على الترتيب خلال حكم خوفو (أوكيوبس) وخفرع . وهما أولائين من ملوك الاسرة الرابعة . ومن نقوش البناء الموجودة فوق الصخور الواقية لمندع الملك في الهرم الاكبر علمنا أن النصف العلوى لذلك الهرم قد بنى خلال السنين السبعة الأخيرة من حكم كيوبس . وأن هذا النصف يشتمل من المباني على اثنين وأربعين مليوناً ونصف من الاقدام المسكبة . وهذا عمل مدحش في عصر وضعه ماسبو جديلاً ، كما يبدو الآن ، في « فجر المدنية » .

وبالاختصار ان تقدم البناء بالأحجار في مصر محدود بالقرن السابق لتأسيس الهرم الاكبر . ومع ذلك ففي بيلوس Byblos في شمال سوريا يوجد معبد بنى في عصر الاسرة الثانية المصرية . وهنا نجد طوراً واحداً في خطوط الاتصال . فأقدم البنايات المعروفة في مصر يتألف من كتل جرانيتية للتبليط وجدت في قبر من الأجر في تينيس Thinis وهذا التل الفريد تابع في الزمن لمتصف مدة الاسرة الأولى .

وقد بدأ بالفعل بناء المنشآت بالجمر في مصر قبل البدء في بناء الهرم الاكبر

وخلال العشرين سنة الأخيرة من حكم الأسرة الثانية (وكان أول للثلث المعروفة بمثابة تجارب أجريت على البناء بالحجر ، وهذه التل عبارة عن مدخل لمعبد في هيراكونبوليس Hieraconpolis من حجرات الجرانيت ، ومن حجرة من الحجر الجيري في قبر من الأجر في تينيس . وفي هذه الحجرة تتألف الوصلات من سطوح مصدوعة مشقوقة ، وتُرى في السطوح المنظورة شقوق طبيعية ذوات نتوءات على الأوجه الظاهرة أصلحتها المطارق . وقد أصلحت بمض الحجارة بالناس الذي به يصلح الصوان . تقول هذا ممتدين على قول سيرفلندر بترى الحجة .

يقول بترى « ظهر في بداية الأسرة الثالثة روح جديد بالسكلية . وقد بدأ الملك الثانى بناء قبر هائل بحجارة من أنفس حجارة الجرانيت . ففاق هذا القبر كل القبور البنية بالأجر التي لم تبلغ في الحجم ثلث هذا القبر . والذى كان للملوك قبل ذلك يبنونها . وكان ذلك بدء عصر الهرم الأكبر ، حيث أدخل في الدولة نوع جديد من الصور والأشكال . »

هذا العمل الجديد الذى قرله بترى يدل بالتأكيد على تقدم صريح ثابت في البناء التجريبى في مصر . وللمرة الأولى في التاريخ المصرى شرع في عمل الانشاءات البنائية على نمط بناء الهرم المسرف فيه . وهذا البناء كان مقدمة لظهور نظام الهرم والحجرة للبنيين تحت الأرض في الاهرام ، ولكنه ما تم قط . ولقد كُشف هذا العمل الناقص في زاوية الريان بين الحيزة وأبوصير . وهو يتألف من حفرة مستطيلة نحتت في الحجر الجيري الطبيعى ، وأبعادها ٨٢ قدما في الطول و ٤٦ قدما في العرض و ٧٣ قدما في العمق . والوصول إليها من احدى نهايتها عن طريق سلم واسع طوله ٣٦٠ قدما وعرضه ٢٨ قدما . وأما أرض هذه الحفرة للنبوثة فقد رصفت بكتل جرانيتية عمدة على أشكال متوازيات مستطيلات وثقل الواحدة منها ٩ أطنان . وهذه الكتلة موضوعة حول كتلة أخرى كبيرة في الوسط ثقلها ٢٥ طنا . وقد حىء بالجرانيت كله بطريق الملاحة النيلية من اسوان

التي تبعد ٥٠٠ ميل .

ومن المباني المعاصرة لقبر الأسرة الثالثة الذي لهم ، ثم لما ولى ذلك فيما بعد من مباني هذه الأسرة ، ذلك العقد المبني بالطوب وذلك العقد الحجري المؤلف من كتل حجرية جيرية غير مصلحة (موضبة) تماما ، والذي هو أول عقد حجري تجر بى . ومع ذلك فإن طريقة بناء العقود ظهرت حوالى زمن الأسرة الأولى وذلك فى منشآت عقدية مقلوقة فى المداميك اللبنية للجدران الموجودة بين الدعامات . ولهذا المناسبة أقول ان بناء المساند البارزة التى استعوض بها عن العقود ظهر فى مصر وبلاد بين النهرين وفى وادى الاندلس فى وقت واحد . وأن العقود ظهرت فى وقت واحد فى المباني فى كل من وادى دجلة والفرات . أما إن طريقة بناء العقود الحقيقية كانت معروفة فى مصر فى هذا التاريخ فيدل عليه أن فى بعض المثل البنائية اللبنية قطعاً بنائية عقدية خابورية الشكل Voussoirs شكلت على هذا النمط عمداً . وكان ذلك فى زمن لا يبعد كثيراً عن سنة ٣٠٠٠ قبل الميلاد . ويوجد مثل للعقد الحجري ذى فتحة (باكية) تبلغ عرضها ٣١ قدماً . وهذا العقد من مخلفات سنة ٢٠٠٠ قبل الميلاد . أما بعد هذه السنة بقليل فقد وجد من المخلفات الاثرية عقد لبني على شكل قطع مكافئ . كأنما هو جزء من جهاز واق يدفع صدمة الهبوط الفيضاني وتأثيراته فى حجرة المدفن فى هرم امينمحت الثالث فى الهوارة . وهذه الحجرة تحت منسوب الماء ، وطريقة انشائها يصح أن تكون درسا فى الاشياء لاولئك المهندسين الحديثين — أو للمماريين الحديثين — الذين يرون أنه لا لزوم لوقاية البناء المنخفض تحت سطح الأرض ضد الماء الا فى حالة ظهور رشح . والحجرة — جدرانها وأرضها — منحوتة من كتلة صلبة كبيرة من صخر الكوارتز الاصفر ، مع أنها تبلغ ٢٢ قدماً طولاً فى ١٠ أقدام عرضاً .

وهذه المجموعة الواقية الموجودة فوق هذه الحجرة من الاهمية بمكان لانها توضح لنا تقدماً شيقاً فى التصميم خاصاً بوقاية البناء من الصدمات ، وقد ظهر

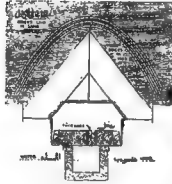
هذا التصميم على أنه في الهرم الأكبر كما سيحيى .
والى هنا قصرنا البحث على الطور العملى للبناء من حجر واحد . وقد استمر



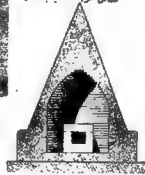
الآنية الثالثة
طريقه ضربة ثلاث



الآنية السابعة
طريقه الضربة بسطة



الآنية الثامنة
طريقه الضربة بسطة



الآنية التاسعة
طريقه الضربة بسطة

(٣) بعض الطود المصرية القديمة من الأسر الثالثة فما بعد

هذا الطور نصف قرن تقريباً ثم ولية نصف قرن آخر مضى فى اجراء تجارب للتحقق من خير الوسائل التى بها يستخلص ، من بين التجارب السكثيرة ، نموذج جديد للهرم يبقى الدهر كله . واستمر عصر الأهرام أربعة قرون . على أن أفنهم ما أنجز من البناءات فى ذلك العصر هو هرم الحيزة الأكبر — المبني بمد تجارب طويلة كسثيرة أجريت فى البناءات التى تمت فى القرن السابق لتأسيسه . ومكانه من حيث زمن ظهور الأهرام بوجه عام يقع بعد الزمن ، الذى بدى فيه يبناء أول هرم ، بما يزيد قليلا عن نصف قرن .

وتدل خريطة منطقة ساحة الأهرام على توزيع جميع هذه الأهرام المبنية في المدة ما بين الاسرة الثالثة ونهاية الاسرة السادسة . فهذه هي فترة الازهرام الحقيقية وتمتد هذه الساحة عشرين ميلا فقط ما بين أبى رواش ودهشور . ففيها بنيت أهرام الاسرات الثالثة والرابعة والخامسة والسادسة ، ما عدا هرم الاسرة الثالثة في ميدوم .

وأهرام هذه الفترة — التي هي عصر الهرم الصخرى — هي العمل الذي تم خلال أربعة قرون . وتلت ذلك فترة طويلة بسبب الفتح والاحتلال السوريين وبعدئذ استؤنف بناء الازهرام حوالى سنة ٢٠٠٠ قبل الميلاد ، في مدة حكم الاسرة الثانية عشرة المصرية واستمر زهاء قرنين . وبذلك انتهى العصر الهرمى في مصر . وتماز هذه المثل الاخيرى من الازهرام المبنية بأنها بنيت من لبنات طينية جففتها الشمس وقد غطيت بالحجارة ، وبأن نظام المار والحجر المبنية تحت الارض معقد كل التعقيد لتضليل لصوص المقابر . وأما أهرام الاسرة الثانية عشرة هذه فقد وسعت المنطقة الهرمية ناحية الفيوم مسافة قدرها نحو ١٦ ميلا الى الجنوب الغربى من هرم ميدوم ، ثم قفزت شمالا داخل المنطقة الهرمية الحجرية في دهشور واشت

. Light

والذى يهمنها هو العصر الحجرى للهرام . وعلى الأخص تطور تفاصيل البناء وكذلك قواعد بناء الهرم الصخرى خلال القرن الاول من هذا العصر . وقد أخذت كل الاحجار تقرىبا اللازمة لأول هذه الازهرام وأكبرها من المهاجر الجيرية في طرة والمصرة على الضفة الشرقية للنيل . وكانت الكتل الحجرية تنقل على زحافات من المهاجر الى شاطئ النيل زمن الفيضان أى خلال مسافة تقرب من الميل طولا . وهناك كانت توضع على زوارق أو أطواف خشبية تعبر النيل أيام الفيضان السنوى الذى يستغرق مائة يوم . وفي حالة الهرم الاكبر كانت للمسافة التى تقطعها هذه الزوارق تقرب من ٦ أو ٨ أميال ، أى الى سفح هضبة الجيزة

الصخرية التي يقوم فوقها الهرم .

وحينما نصل الى درس نشوء بناء الهرم الجبرى سنتبين أن العامل المهم الذى روعى فى التصميمات المتتالية متوقف على تجهيز البناء بما يقاوم به التحريف التركيبى أو البنائى أثناء استقرار كتلة الهرم ، وعلى الأخص تلك التحريفات الأخرى التى قد تنجم عن هبوط محلى واسع المدى فى التكوين الطبىعى للحجر الجبرى أو عن صدمة الزلازل . على أن طبيعة تكوينات الحجر الجبرى يتجاوب فيها وشقوقها المتلفة كانت معروفة تماما . ولذا فإن التصميمات التجريبية الأولى قد أسفرت عن نقص عندما نفذت عمليا . وكانت من جزاء هذه التجارب التى أجبرها — مدى نصف قرن — أن ظهرت الفكرة البنائية لذلك البناء ألفذ وأقصد به هرم الحيزة الأكبر . وأعلن أننا حينما نتتبع أدوار التطور فى بناء الأهرام وندرس الوجوه البنائية فى الهرم الأكبر سنتحقق من أن ذلك البناء التجريبى العظيم قد عمل لفرض خاص . وأرى أن نسل بأن ذلك العمل التجريبى اشتمل على منهاج معين لتدريب العمال المصريين ولبسط القواعد البنائية الصحيحة اللازمة لتصميم الهرم وإنشائه .

ومن ثم يقول بترى عن هرمى دهشور المنشأين قبل الهرم الأكبر : «الظاهر أن البناء كانوا جد عارفين بطريقتهم لا مندفعين الى تقليد المثل الموجودة . » ويقول أيضا عن أقدم الأهرام كلها وهو هرم سقارة المدرج انه « فى بحجارة رديئة وصغيرة تفتتت فى الغالب واستحالت ترابا . » ولقد تتبع بترى التقدم الذى بلغ أتمه فى هرم الحيزة الأكبر فقال « ان المخطاط التصميم والعمل الذى كان يشاهد بنوع خاص فى الاجزاء المحبوة يسير مع ترتيب الزمن . » فمن هذا وغيره من البيانات الأخرى يتضح أن المعلنين الاجانب للعمال المصريين قد حصلوا على المعلومات الكافية من الهرم الأخير الذى انشئ قبل هرم الحيزة الأكبر ، وأن البناء البالغ حد السكال الذى رغبوا فى تخليده كان من ثم مدخرا فى التصميم ، وأنه أنجز ببناء

هرم الجيزة الاكبر .

ومن الهام المدهش انه بينما كانت القبور الاولى تبني بالابن ، ثم تطورت فيما بعد الى منشآت حجرية ، كانت الأهرام الاولى أيضا تبني بالحجر ، وقد بلغت بسرعة حد الكمال في البناء بالحجر ، ثم انحط بناؤها بالحجر ، وأخيرا انحطت حتى صارت منشآت مبنية من لبنات طينية .

وأول الأهرام هرم سقاره المدرج . بناه زوسر Zoser أحد ملوك الاسرة الثالثة المصرية بالحجر الجيري . وقد بنى في الاصل على شكل قبر عادى مستطيل الشكل من التودج المعروف باسم المصطبة ، أى الذى فيه تميل الواجه الخارجيه بنسبة ١ فى الاتجاه الافقى الى ٤ فى الاتجاه الرأسى . ولقد تغيرت المصطبة فى القطاع الافقى لتكون أوطأ درج الهرم . ثم بنيت فوقها درجات متتالية ذوات سطوح كما يبدو فى شكل هرم سقارة المدرج . ويبلغ ارتفاع أسفل درجة ٣٧ قدما و ٨ بوصات . اما ارتفاع أعلى الدرجات فتبلغ ٢٩ قدما وبوصتين . وأما الدرجات المحصورة بين هاتين فتقل نسبيا فى العمق من القاع للقمة . أما القطاع الافقى للدرجة السفلى هذه فتبلغ مساحته ٣٩٣ قدما طولا فى ٣٥١ قدما عرضا . وكل درجة تالية تقل فى المساحة عن سابقتها بمقدار ٦ أقدام و ٦ بوصات من جميع الجوانب . ويبلغ الارتفاع الكلى من القاعدة للقمة ١٥٩ قدما و ٩ بوصات .

وتبذل صورة هذا الهرم على التسلسل الغريب الذى اتبع فى البناء . وقد أضيفت للصوق المتتالية ذات السمك الواحد الى المصطبة الوسطى لتكون الدرجة السفلية الكبرى . وكل اسق يحيط بما قبله من الصوق ، أى جدران تلو جدران . وكلها منحدره الى اعلى والى الداخل على انحدار المصطبة بمقدار ٣ بوصات للقدم الواحد ، فكأنها طبقات متتالية واقية ذات جدران منحدره مستقرة ولكل طبقة غلاف أملس .

وفوق هذه الدرجة السفلية الكبرى للبنية كما ذكرنا بنيت الدرجة الثالثة بنفس الطريقة، وهكذا كل الدرجات المتتالية. وكما هو ظاهر من الرسم لا يوجد كسر في الوصلة عند الانتقال من درجة إلى أخرى فوقها. وإن تلك الاصول التي

ZOSE'S STEP PYRAMID OF SAKKARA

هرم زوسر المربع بسنانه



هرم مشور مبدوم

SHEPERD'S PYRAMID OF MEDUN



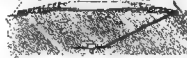
SECTION OF PYRAMID OF MEDUN

مقطع هرم مبدوم



THE GREAT PYRAMID OF GIZEN

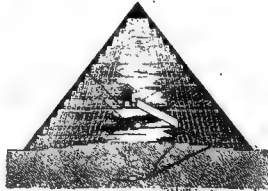
PROFESSOR LUDWIG BORCHARDT'S ACCRETION THEORY OF BUILDING
EXPANSION OF DESIGN DURING ACTUAL CONSTRUCTION
هرم الجيزة الأكبر - نظرية التصرف



STAGE I.
المرحلة الاولى



STAGE II.
المرحلة الثانية



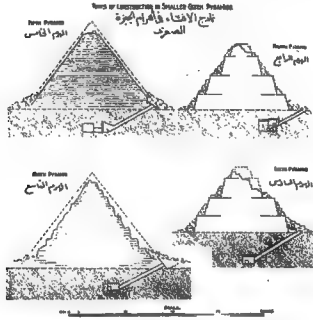
STAGE III. المرحلة الثالثة



(٤) نظرية الاصح في تصميم الهرم والثلاثة (هـ ل ا ن م ا س ي و و ب ت ر و ي و ك ا ر ت)

سميتها « ذوات الجدر المستقرة » تسهيلا للوصف قد أجزأت بواسطة درجات أعلى متتالية فكانما هي جدران مساعدة باستمرار ذوات وصلات مستقيمة مستمرة. ولعل تشبيهها بالجدر المستقرة المنحدرة يفسر القصد من طريقة البناء هذه خير تفسير. فالتصديق كما هو ظاهر أن « يستقر » كل قلب مغلف لكي يمنع السكتة كلها من

الانتماج، أو عبارة أخرى الفتوة الى الخارج، خلال الركوز الطبيعي للبناء، أو خلال ما يحدث له من الهبوط.



(٥) نماذج أهرام الجيزة الصغرى

على أن عيب التصميم، كما هو ظاهر، كائن في الوصلة المستقيمة الممتدة بين الجدران المستقرة الملففة المتتالية. فلم يكن هناك قيد لتوزيع تأثيرات الركوز غير المتعادل أو الهبوط المحصور في مكانه. وهذا سبب ملاحظته بترى عن الحجارة من أنها « استعالت تواجا » أما هرم سقارة المدرج، اذا نحن أخذنا بالحديث من المقارنات، فلم يستطع احتمال « تجربة القوس الجاف dry slump test » التي ينتجها ذلك الانشاء الغريب الناقص.

وأما هرم صفرو في ميدوم فقد بنى بنفس الطريقة، وهو الآن في حالته الخربة يكشف عن عيوب ذلك النوع من الانشاء والبناء. ونظراً لأن هذا الهرم بنى بكتل أكبر جرمًا وأكثر انصلاًحاً (توضيحاً) أو بحجارة جيرية دققوا كثيراً في اختيارها، ثم بوصلات أدق من مثيلاتها في هرم سقارة، فإنه لم يتداع.

بسبب الرض والتعظيم بل كما يظهر من الرسم . بسبب الانبعاث الى الخارج
والقبض . وهذا التداعى لم يزل الكتلت المكونة للمنحدرات المغلفة الخارجية
فقط بل أزال أيضاً الخواير الكبيرة الموجودة فى السطوح القلبية الداخلية . وصفة
المعز والاختناق فى هذه الحالة راجعة الى التيسر الكثير الحادث فى عناصر
الجدران المستقرة لهذا الهرم اذا هو قورن « بقابلية التشكيل » الهشة فى هرم سقارة .
وقد أدت هذه التفاصيل فى عيوب البناء ، التى كشف عنها تداعى هذين
الهرمين ، ببعض علماء الآثار المصرية المتقدمين الى استنتاج ان جميع
الاهرام قد بنيت على هذا النمط سواء نجحت أم أخفقت . ولكن لا أرى فى
حاجة الى البحث فى الصيغة القديمة لنظرية اللصوق هذه فى انشاء الهرم . تلك
النظرية التى أوردها الدكتور لبيسوس Dr. Lepsius ما دام يرى قد هدم
هذه النظرية منذ ٤٥ سنة . غير أن الاستاذ لويج بروكارت Ludwig Borchardt
قد صحح حديثاً هذه النظرية وعدلها تعديلاً طفيفاً بصيغة قد تبدو موافقة
لاعتراضات يرى اذا هى درست درساً سطحياً . ونظرية بروكارت هذه اذا
طبقت على الهرم الأكبر تسلم بأن تصميم هذا الهرم قد غير ثلاث مرات متتالية
خلال البناء ، وان كل تعديل أجري فيه كان يتجه الى تكبير الهرم . وان كل
هذه التعديلات قد تيسرت باتباع طريقة بناء هرمى سقارة وميدوم السابقين ،
وهى الطريقة التى رأينا نصحها .

أنا لا أقول ان بروكارت يوافق على طريقة البناء هذه ، ما دمت قد
استخلصت من مشاهداته أنه يرى أن هذه الطريقة ناقصة . ولكن ما أقوله
واؤكد أنه لا يوجد مهندس معمارى خبير فى اقامة البناءات ذات الحجر الواحد
monolithic يوافق على نظرية الأستاذ بروكارت حينما تتضح له الحقائق المادية .
وهذه الحقائق للمادية بسيطة فالهرم الأكبر ظل قائماً على حال عظيمته القديمة زهاء
٤٠٠٠ سنة قبل ان يزول الجرب غلافه الخارجى ، ثم ظل بعد ذلك قائماً ١٠٠٠ سنة

دون أن يصيبه تهم آخرون .

والتفسير الواضح لبقاء الحرم الأكبر على حاله سليماً للآن هو أنه لم يتبع في إنشاء مداميكه طريقة الوصلات المستقيمة ، وبعبارة أخرى أن مداميكه مربوطة تماماً في البناء كله . ولو كان الأمر غير ذلك لما ظل الهرم قائماً كما هو خلال تلك العصور ، ولما كانت فتحاته ومماره الداخلية سليمة كما هي الآن من الشقوق القصية الرأسية والازاحات القطعية الجامدة التي لا يمكن اجتنابها في نموذج البناء ذي الصوق . فأمثال هذه التغيرات ، كما كشفت في مزارع الحرم الأكبر بالثبوت والشريط الصلب ، ترين تأثير التجمع المستمر للانحراف للمداميك البنائية للربوطة تماماً ، ذلك الانحراف المنتظم الذي على شكل عقد مبسوط . وهذه للمداميك قد هبطت بسبب التجويف الوسطاني لطبقات الحجر الجيري المتآكلة للشقوق التي بنى الحرم فوقها .

على أن عيب طريقة الصوق البنائية هذه وجد له نظير في أيامنا الحاضرة في تاريخ خزان أسوان . فإن تسلسل البناء في هذه الحالة لم تملأ الحاجات الهندسية ، بل أملاه الرأي الحميد لعلماء الآثار القديمة وهواة الفنون الجميلة . ففي التصميم الأصلي للخزان قد روعي غير أطلال معبد فيلة بالماء غمر متقطعا هو وما عداه من الآثار القديمة في منطقة الشلال الأول . لهذا انقص ارتفاع الخزان ، وتبعا لذلك قل سمكه ، ففتلبت العاطفة على الحاجة . ولكن لما انعكس الأمر وتغلبت الحاجة على العاطفة بعد ذلك بعدة سنين روي أن يعلو الخزان ثم بالتالي يزداد سمكه .

وفي هذه الحالة لم ينجح المهندس في عمل توازن متبادل — شأنه الاضطراب دائما — بين العاطفة والحاجة فصعب ، بل أنه نجح أيضا في أن أخرج قطعة بناء سليمة في ظروف غير ملائمة من تسلسل بنائي ردي . لقد اضطرا أن يبنى بناية إضافية على ظاهر للتحد الكبير لليل . ولكن يربط البناء بين المنفصلين بعضهما

ببعض دق في البناء القديم قضيانا من الصلب يبلغ قطر الواحد منها بوصة ونصف بوصة — على مجاميع رأسية وأفقية — ثم غمرت بالسمنت في البناء الجديد . وهذا كما هو ظاهر أقل سلامة في البناء من التصميم الأصلي اذا هو انجز . هذا والبناء كما هو سيبقى طويلا سادا لحاجات الرى الحديثة وطوائفه في النيل ، ولكنه لن يبقى للمدة التى يميناها المهندس للتخزان إذا عمل حسب تصميمه الأول . وان الانسان في الحقيقة ليجب اذا لم يتقدم ، بعد ٢٠٠٠ سنة أو ٥٠٠٠ سنة مثلا ، أحد علماء الآثار الموهوبين بتحسين جديد في نظرية اللصق في بناء الخزانات يكون تفسيراً للتسلسل العيارى في البناء المتبع في أيامنا الحاضرة .

والآن فلنعد الى الأهرام القائمة على هضبة الجيزة . فنجد هنا بضعة اهرام أصغر تعيد حالاتها المتخربة تاريخ نشوء الأهرام الكبرى . وهذه الأهرام الصغرى لا تبرهن فقط على استحالة تطبيق نظرية اللصق تطبيقا عاما ، بل تدل في حالتين ظاهرتين من المقاطع المرسومة على اتفاق متبادل بين التسلسل الأسبق الناقص للبناء وبين التسلسل البنائى الذى اختير في حالة الهرم الأكبر . وبدلا من الوصلات المستقيمة المتواصلة الموجودة في الأهرام الأولى يوجد في الهرمين الصغيرين (الرابع والسادس في شكل ٥) بناء مترابط في كل درجة ، مع توافر شئ واحد هو أن الوصلة القديمة المستقيمة لكل وجه مدرج تقطعه المداميك المتعاقبة قد ازيلت الى الخلف عن للممالك السابق الأسفل في السن ratchet الرأسية . على أن هذا التحيز الاخير كان عديم الجدوى كما تدل عليه حالة التخرب ومداه . وظاهر أن التلاف وملء ما بين التلاف والدرجات المسطحة لقلب البناء قد تم عملها بعد تمام عمل الدرجات المسطحة هذه . وترى في مجموعة الاشكال هذه ثلاثة من نماذج البناء . والنماذج الممتازة ظاهرة رغم حالات التخرب فيها ، ورغم كل ما قيل عن الحقائق المادية لبناء الهرم . ولا يفوتنى أن أقول اننى عارف بالدور الذى

لمبه العرب وغيرهم فى هدم أغلفة الأهرام . واعتراضى هو أن مثل هذا الهدم قد استمر طويلا الى ان قلت مقاومة البناء الناقص وما يتبع هذه القلة من التأثيرات فهلهم وتخرب .

ذكرت أن صنفرو آخر ملوك الاسرة الثالثة بنى هرمين قبل ان تبدأ فترة الجيزة الهرمية ببناء هرم الجيزة الأكبر . وأحد هرمى صنفرو هو هرم ميدوم — بنى على قاعدة « اللسق » الناقصة . وأما هرمه الثانى وهو الأكبر فقد بناه فى دهشور ، وهو المعروف باسم هرم دهشور الكبير أو هرم دهشور الحجرى الثمالى . وهذا الهرم يقرب فى الحجم من هرم الجيزة الأكبر — فارتفاعه ٣٣٦ قدما وعرض قاعدته ٧٠٠ قدم — ولا يضاها فى جودة الصنعة هرم الجيزة الأكبر ، ولكنه من حيث دقة الصنعة قريب من هرم الجيزة الثانى .

وكانت حالة هرم صنفرو فى دهشور عندما لحصه السكولونيل هوارد فايس منذ ٩٢ سنة تدل على أن البناء خال من الوصلات المستقيمة المتواصلة ، وبعبارة أخرى ان مداميك البناء فى القلب مترابطة تماما . ويدل هذا كله على أن صنفرو بنى هرميه على طريقتين مختلفتين للبناء . وقد انتفع بالظهرة التى حصل عليها عند بناء المداميك المترابطة فى هرم دهشور الكبير فى تكميل التصميم البنائى الذى عمل لهرم الجيزة الأكبر فى عهد الحكم التالى . وكل استنتاج آخر غير ممكن ، على ما يبدو ، فى ضوء تسلسل هذه الحقائق المادية التى أوجزتها فيما مضى .

وهناك واقعة أخرى تؤيد أن العمل فى هرم صنفرو بدهشور هو الطور التجريبى الأخير الذى انبنى عليه التصميم التودجى الكامل الذى ابتكره المدربون « الأجانب » ولقد ظهر هذا التصميم تفصيلا وجملة فى هرم الجيزة الأكبر . ويقول بترى « ان لهرم دهشور مخادع . مسقفة ، كستيف دهلز هرم الجيزة الأكبر ، بمشيفات صخرية . والسقف مرتفع الى علو كبير وعلى جوانبه ما لا يقل عن أحد عشر بر وزا » . ولقد ذكرت فيما مضى نفس مقالة بترى عن هذا الهرم من انه

« يبدو على بنائه أنهم جد عارفين طريقته . »

ولقد رأينا بعد ذلك أن الصنعة المصرية قد تحسنت بسرعة من حيث الدقة خلال الطور التجريبي لبناء الأهرام . لا بل ان نموذج البناء قد تحسن ايضا في الوقت نفسه بنفس السرعة ، وان دقة الصنعة وكمال النموذج البنائي قد ظهرا معا في هرم الحيزة الاكبر . وبعد ذلك تفهقت الصنعة تدريجيا ، ولم تبلغ المباني المتعاقبة من الدقة والسوما بلغته هذه . وكلاهما ظهر عرضا فيما بعد في التفاصيل لا في كمال أى نموذج . وكل هذا يتفق مع ما استنتجناه ، وهو ان المدرين « الاجانب » أدرکوا طلبتهم البنائية بظهور دقة الصنعة وكمال النموذج البنائي في هرم صفرو الكبير بدهور ، وجعلوا من الممكن انجاز الفرض البنائي « للاجانب . »

أما أن ملوك المصريين كانوا يعرفون مقاصد المدرين « الاجانب » أم لم يكونوا واقفين عليها فغير مهم . ولكن المصريين المعاصرين لأولئك الأجانب قد رأوا في الأهرام نفس مآراء الكثيرين في مختلف العصور في هذه المنشآت ، وهو خاطر الزهو الكاذب بخصوص تغليد أسماء ملوكهم وذبوع أمرهم . وفي الحق قد يكون الملوك الذين تبوأوا عرش مصر بعد ذلك بالتتابع قدرأوا في ضوء هذه الحقيقة جلال تلك المنشآت التي ستقترن بأسماء أولئك الملوك الدهر كله . أما أن ذلك لم يكن الباعث الدافع الى اقامة تلك البنايات فقد يتضح من حالة تدهور الصنعة ، ومن ان النموذج البنائي لم يبلغ أتمه الا مرة واحدة وذلك في هرم الحيزة الاكبر ، ومن ثم بدأ النقص يظهر في الأهرام المتتالية التي فابت بعد ذلك حتى في ضالة الحجم .

ومن الوجوه الغريبة في بناء الهرم الاكبر ذلك التغير الشاذ في أعماق مداميكه . فالداميك من أعلى الهرم الى أدناه مقسمة الى مجاميع . وفي كل مجموعة يكون أطول المداميك ممكنا أو ارتفاعا هو المدامك القاعدى ، وكلما ارتفعت المداميك في الجسوة قلت على التوالي في السمك أو الارتفاع . والدامك القاعدى

في كل من المجاميع العليا المتتالية أكبر سمكا أو ارتفاعا من أعلى مدماك في المجموعة التي تحتها .

والتفسير الذي اقترحه لهذا التغير في المجاميع هو أن المداميك قد صممت كذلك لكي تقاوم تأثيرات الهبوط الفجائي بواسطة موجات متتالية من موجات المقاومة البنائية المختلفة درجات الوقاية من الصدمات . على أن قليلا من التأمل والتفنيد يدل على أن «العقد للنبط Flat-arching» ذا المداميك المختلفة الارتفاعات، والمختلفة الحجم من ثم، اذ أن كل منها صنجة قوية قائمة بذاتها، يحدث التطورات المختلفة المتعاقبة للمقاومة المانعة للصدمة ، في حالة حدوث تجويف فجائي داخلي في الصخرة الطبيعية . وأن التغير الفجائي في درجة المقاومة عند الانتقال من مجموعة مداميك الى التي تليها يمنع الهبوط في الكتلة . ويكون كل ماذهب اليه التصميم في الحقيقة هو الاستعاضة عن الأطوار المتتالية للتصدع والتحريف الصغيرين بطور واحد مخرب لتصدع الكتلة وانحرافها . وقد اجتنب القطوع القضي shearing failure المخرب البناء وذلك بمده بخطوط أو مجارى توزيع متناسبة ينساب فيها فعل التسوية .

واذا ما ذكرنا أن تنضيد الطبقات في هضبة الجزيرة التي بنى الهرم الاكبر فوقها ، بل أيضا تنضيد الطبقات لجزء وادى النيل كله المجاور ، يتألف من الحجر الجيري اتصحت لنا كل الاتضاح الأسباب الجيولوجية لتأثيرات الهبوط المنتظر . على أن مجرى النيل نفسه قد نشأ من حدوث عيب عظيم في الحجر الجيري . يقول بترى « انه تأكل حتى صار مجرى ضيقا تغذيه للياه الواردة من كهوف في الصخور تحت الأرض » وهو الآن « ملوئ بمحاث يكون للمجرى الحالي للنيل . » وفي أمثلة الخسوف في الكهوف والفارات للوجود تحت الأرض بينات ودلائل على مصدر الهبوط المنتظر . وكما يقول بترى « أن كهوفا قد خسفت وهى على عمق بضعة مئات من الأقدام أسفل نهر النيل الحالي . »

أما أن هناك غرضا خاصا في بناء هرم الجيزة الاكبر فقد تحقق عن طريق داخله الشاذ النظام والتركيب . فلم يوجد قبله بناء بهذا الشذوذ في التركيب ، بل لا يوجد شيء يدل على تطور ثابت أو سريع في نظام الممرات والمخارج الخاصة بتلك الكتلة المبنية . حقيقة توجد تفاصيل تجريبية بنائية في الهرم الذي سبقه ، وأغنى به هرم دهنور ، وهذه لا توجد في نظام داخلي كنظام الهرم الاكبر ، إذ أن هذا النظام كان مجهولا قبل الهرم الاكبر . وبعد ظهوره لم يوجد أثر لمحاولة يراد بها تقليده . وكل ما صنعه الخلف بعد ذلك في بناء أهرامهم أنهم رجعوا الى نظام الممر والحجرة الذي سبق الهرم الاكبر . وهذا يتألف عادة من ممرهايط الى أسفل بناء الهرم ، يؤدي باستمرار المبروط الى حجرة أو مجموعة حجرات تحت الأرض في الصخرة الطبيعية . وفي بضع حالات قليلة تكون هذه الحجرة أو مجموعة الحجرات بعضها في الصخرة وبعضها في البناء أو تكون مجملتها في البناء وانما بالتقرب من منسوب الأساس .

وهرم الجيزة الاكبر شاذ من حيث احتوائه على مجموعة متقنة من ممرات صاعدة وأفقية على ارتفاع في البناء القائم تؤدي الى مجموعتين من الحجرات . وهذا النظام الداخلي اللتين يبدأ بالممر الهايط أى بالنظام العادي للهرم . ولكن هذا النظام الداخلي الشاذ قد أخفى عمدا أثناء انشاء الهرم ، لأن الفتحة الزائدة في سقف مدخل الممر الهايط لم تسد سدا محكما بكتل الاحجار الجرانيتية لغصب ، بل أن هذه الكتلة أخفيت بكتلة من الحجر الجيري وضعت لكي تبدو كأنها كتلة عادية من الحجر الجيري تسقف مدخل الممر الهايط الذي يسهل الوصول اليه .

وكلحجق لهذا السقف المغطى مجموعة الممرات والحجرات العليا الداخلية قد أمدت الحجرات نفسها بأنايب للتهوية واصله الى السطوح الخارجة للهرم . وقد تركت النهايات الداخلية لهذه الأنايب في الحجرات غير مقطوعة في الجدران الحجرية . وقد تركت هذه الأنايب على الأقل في الحجرة المسماة مخدع المسكة

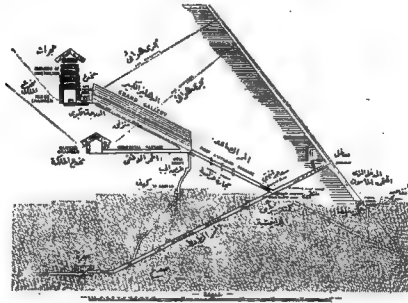
منقلة دون تشغيل ، مع جزء طوله خمس بوصات غير مقطوع يفصل النهايات السفلى لهذه الانابيب عن سطوح جدران المخدع . ولقد استكشف عمال المستر وينمن دكسون Mr. Waynman Dixon هذه الانابيب عرضا سنة ١٨٧٢ وسأذكر فيما بعد دلائل يمكن الاستنتاج منها أن هذه الجارى الهوائية فى الحجرة السماة مخدع الملك قد تركت فى الاصل كذلك غير مفتوحة .

وهناك أمر آخر متصل بذلك الاغلاق القزى وهو أن السد الجرانيتى ، الذى يسد النهاية السفلى للممر الصاعد الأول ، على قدر ذلك الممر بالضبط ، وهو أيضا على قدر الممر العلوى بالضبط ، فلا يمكن أبدا أن ينزلق الي أسفل الممر كما كان يظن سابقا . فالنهاية العليا لاسد تبلغ ٤١٦ من البوصات عرضا ، فى حين أن الممر العلوى يبلغ ٤١٥ من البوصات عرضا بل أن هذه الكتلة السادة ما كان يمكن وضعها فى الدهليز الكبير قبل انزلاقها الى مكانها . على أن العرض هنا بين جانبي المنزلق أضيق فلا يمكن وضع هذه الكتلة ولا مرورها . فالعرض للقصود خراغان أو ٤١٢٦ من البوصات . واذن لا يصح القول بأن الممرات بعد بنائها قد وسعت حتى صار عرضها ٤١٥ من البوصات ثم بعدئذ عملت لها حافة ملائمة لسكى تسمح للسد الذى عرضه ٤١٦ من البوصات أن ينزلق فيها الى أسفل .

ومن جهة أخرى ان ارتفاع السد عند كل من نهايتيه يبلغ ٤٧ و ٣ من البوصات ، فى حين ان فتحة الممر التى على بعد ٥ بوصات أعلى البد تبلغ ٤٧ و ٢ من البوصات . فى جميع الحالات يتضح أنه لم توجد مثل تلك الحافة الملائمة التى تسمح للكتل أن تنزلق بسهولة الى أسفل الممر . وهذا هذا فائق أظن أن أى مهندس يفحص كتلة السد الجرانيتية يوافق على أنها بنيت من الداخل . ومعنى بناء الكتل من الداخل أن الفتحة الملحقه بمجموعة الممر الداخلى قد ختمت وأغلقت قبل بناء تلك المجموعة نفسها . وهذا مثل يشبه ذلك الذى شوهد فى

حالة الأنابيب الهوائية المنقطة .

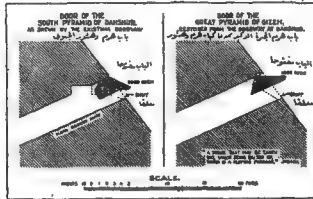
ويبدأ مدخل الممر الهابط للهرم الحيزة الأكبر في الوجه الشمالى للهرم عند



شكل (٦) مقطع رأسى لهرم الحيزة الأكبر

للمدماك التاسع عشر ، وارتفاع هذا المدماك ثلاثة أقدام وبوصتان ، معينا الحدود الرأسية لباب المدخل الأصلي . وكان هذا المدخل مغلقا في الأصل بباب سري من الحجر الجيري لا يعرف أمره في أيامه السالفة إلا السكينة القائمة على خراصة الهرم . ولا يفوتني أن أقول أن المستوى الرأسى للتوسط لمجموعة الممر يقع على بعد ٢٣ قدما و ١٠ ١/٢ من البوصات شرق المستوى الرأسى الشمالى الجنوبى للهرم . وكان باب المدخل معروفا زمن الرومان وقد استعمل ، وقد ذكره أيضا استرابو Strabo غير أنه لم يكن معروفا للعرب الذين في سنة ٨٢٠ ميلادية اقتحموا لهم مدخلا في الوجه الشمالى للهرم بالقرب من منتصفه . وقد أدى الارتجاج الحادث من عمليات النقب التى أجراها العرب الى تقلل الكتلة الحجرية الجيرية التى أدخلت تحت البندود الجرانيتية لاختفاء بداية مجموعة الممر المساعد عن الأنظار ،

وقد دل صوت سقوط الكتلة العرب على محلها ، وكشف لم عن كل من يمر للدخل وبداية المر الصاعد الأول . وأضيف على ذلك أن الكيفية البسيطة التي بها تزعزعت كتلة الحجر الجيري عن مكانها تدل على الفرق بين الكتلتين التي كسح السدود الجرانيتية ، والتي كانت تبني من الداخل كما تقدم العمل في البناء ، وبين كتلة كتلة الحجر الجيري التي نحن بصدها والتي وضعت بعدئذ .



شكل (٧) باب هرم الحيزة الأكبر بمجدد اكباب هرم دهشور الجنوبي عمل بترى

أما تفاصيل الباب السرى الأصلى فى الوجه الشمالى للهرم فقد استنبطها بترى من باب هرم دهشور الجنوبي : وكما هو ظاهر فى الرسم يتألف الباب من كتلة من الحجر الجيري تدور رأسياً وهى فى حالة اتزان دقيق . وتبدو هذه الكتلة عند غلق الباب كأنها هى وصلة دقيقة من وصلات الوجه ، وهى فى نفس الوقت مجهزة بما يمنع الاحتكاك فى دورانها عند الفتح أو الغلق .

وأرى أنه ليس من الضرورى إعطاء أطوال الممرات للمتعددة . إنما من الضرورى ذكر ارتفاعاتها وعروضها إلى أقرب نصف بوصة . فالدخل أو الممر الباطن يبلغ ٣ أقدام و ٥ ١/٢ من البوصات عرضاً و ٣ أقدام و ١ ١/٢ من البوصات ارتفاعاً فى الاتجاه العمودى على الأرض أى ما يقرب من عرض السلم فى أحد المنازل الحديثة ، وما يقل عن قدمين ونصف قدم عن ارتفاع المدخل فى هذه المنازل . أما الممر الصاعد الأول ، وهو المسى بالدليلز الكبير ، فارتفاعه الرأسى ٢٨ قدماً

و ٣ بوصات . ويتناقص عرضه في القدر بالتالى من ٦ أقدام و ١٠ بوصات الى ٣ أقدام و ٥ بوصات .

وأما أرضية الهيكل الكبير المنحدرة فتنتهى بالضبط بمركز الهرم ، أو عبارة أدق تنتهى بالمستوى الرأسى المركزى (الممتد من الشرق الى الغرب) للهرم . فهذا المستوى هو النهاية البنائية العلوية للأرضية المنحدرة ، والنهاية معينة بسطح رأسى من الحجر الجيرى يبلغ ارتفاعه ٣ أقدام تقريبا ، ويعرف بالدرجة السلمية الكبرى .

ويوجد ممر ضيق أفقى قليل النور بين بداية الهيكل الكبير ، أو نهايته السفلى ، وبين ما يسمى « مخدع الملكة » وعرض هذا الممر كعرض ممر المدخل والممر الصاعد الأول ، ولكنه أوطأ منهما ببوصة واحدة وذلك فى الجزء الأكبر من طوله . وقبل مخدع الملكة قليل توجد درجة سلمية واحدة يهبط عليها قاصد المخدع ، وارتفاعها قدم واحد وثمانية بوصات . وهذا يزيد ارتفاع الممر الى ٥ أقدام و ٦ ١/٢ من البوصات ، وتدل على مركز مخدع الملكة قبة روافده المنحدرة المسقفة له ، وهذا المركز موجود فى نفس مستوى الدرجة السلمية الكبرى ، أى فى مركز الهرم .

وأما الهيكل الكبير فهو أعوص لنز بنائى فى الهرم الأكبر . فان انقراجه الفجائى بسبب ذينك الممرين المتتابعين الضيقين ، ثم انتهاءه بمر أكثر ضيقاً يصله بالمخادع العليا ، لا يجعلانه بالتأكيد أحد النافع المقصودة كطرفة مثلا أو ممشى . ومن باب أولى لا يمكن الانتفاع به كأنه حجرة . ولكن المرحوم ريتشارد بركفور Richard Proctor ، وهو الفلكى الذى كان يحمر مجلة « نوليدج Knowledge » أى العرفان يرى ان الهيكل الكبير كان يستعمل للأرصاد الفلكية . وناقش مسألة ان الهرم لم يكن قد تم فى الأصل فيها فوق الدماك الحسيين — أى لم يرتفع الى أ كثر من الدرجة السلمية الكبرى — وذلك لكى تترك النهاية

العليا للدلهيز الكبير مفتوحة صوب السموات الجنوبية ، وأنه ظل كذلك الى ما بعد الملك الندى في عهده أثنى الهرم .

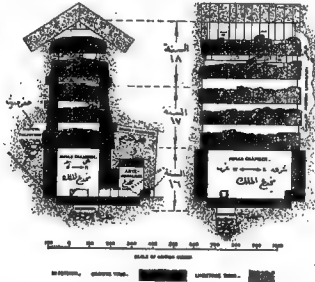
وقد أيد بروكتور هذا الرأي بالإشارة الى قول بترى من أن البناء في المخدع الذى فوق الدماك الحسين ليس جيداً كالبناء أسفل هذا الدماك . على أن قول بترى في هذا الصدد لا يدعم رأى بروكتور اذا نحن لحصنا هذا القول من وجهة الهندس البناء . فالعيوب المفروضة قد نجمت عن سببين : ذلك أن بعض الشقوق والتعريفات في مخدع الملك والمخدع المجاور له قد حدثت بسبب تأثيرات هبوط فجائى كبير ، وبسبب ضعف بعض تفصيلات البناء ، بالتقرب من قمة المخادع للوجوده فوق مخدع الملك — تلك التفصيلات التى عملت ضعيفة عمداً . وهذه التفصيلات هى تفصيلات ضعف نسبي صنم لى يكون هو أول أدوار منع الصدمة فى سلسلة أدوار المقاومة المتزايدة المتعاقبة :

وعدا هذا فان بترى يقول ان وصلات البناء فى مخدع الملك أدق من مثيلاتها فى الدلهيز الكبير . وإذن فالصنعة فى الأولى خير منها فى الأخيرة . ويضع بترى وصلات مخدع الملك ، من حيث دقة الصنعة ، هى وصلات مخدع الملك وصلات يمر للدخل فى مرتبة واحدة .

أما الحقائق المادية الناهضة لرأى بروكتور فهى فى نظرى قاطعة جازمة . لقد بنى الهرم الأكبر خلال حكم خوفو الذى يسميه هيرودوت للأورخ كيو بس . وقد وجد اسم خوفو مكتوباً بالفترة الحمراء red ochre ، وهى نوع من الطين ، على كتل الحجر الجيري الموجودة فى الحجرات التى فوق مخدع الملك . وقد ظلت هذه النقوش مدفونة فى البناء ٥٠٠٠ سنة تقريباً ، الى أن استكشفتها السكولونيل جوارد فايس منذ نحو ١٠٠ سنة وقد أرخت الكتلة فى السنة السابعة عشر من حكم خوفو ، ثم وضعت هذه الكتلة فى مرتفع فى الهرم بحيث تماماً خطوط النظر الفلسفية التى يتطلبها رأى بروكتور حتى اذا كان المخدع بنى مؤقتاً فوق

المدماك الحسين من البناء .

وزيادة على ذلك فإن خفرع ، الذى ولى خوفو ، ابقى هروما يكاد يعدل الهرم الاكبر فى الضخامة . فلا يمكن ابدا أن نتصور أن خفرع هذا قد اتم بناء سلفه الناقص بصنعة أحسن وأدق من تلك التى اتبعت فى بناء هرمه هو . وانى لا أستطيع أن اجد ، الا فى المثل وما اكثرها ، سابقة فى التاريخ المصرى القديم يقتضب فيها الابداء اعمال آباءهم التى لم تتم فيتموها كأنها منهم ولهم خاصة .



شكل (٨) الحبرات العليا فى الهرم الأكبر وفى الشكل بيان لما تم من العمل فى السنين السادسة عشر والسابعة عشر والثامنة عشر من سنى الحكم

والعلامات الموجودة فوق السكتل الحجرية المخادع شيقة هامة لأنها تدل على الخطوط الرأسية والافقية المحددة للبناء . وهذه تشمل على البروز الرأسية لخطوط جدران مخدع الملك ، وعلى خطوط للنسوب الموازية لسطوح ادخال الروافد (السكرات) المسقفة . ويظهر فى هذه العلامات أيضا بعض خطوط رأسية مساعدة . وتدل الاعداد المرقومة على جانب أى خط خاص على عدد الاذرع التى تقاس ، على الجانب المشار اليه ، ابتداء من الخط الخاص الى خط عمل آخر يرقم أو الى فرش أو وجه بنائى خاص .

على ان اللهم في كل هذا هو أن هذه العلامات تبرهن على ان مخادع البناء تلك قد بنيت خلال حكم لللك خوفو ، في سنته السابعة عشر أو مابدها ، وعلى ذلك يكون رأى بروكتور الخاص بالدهليز الكبير قد نقص .

والتفسير للرضى الوحيد للدهليز الكبير الذى أقره علماء الآثار المصرية هو ذلك التفسير الذى قدمه مرشام آدمز Marsham Adams أحد افذاذ علماء كسفورد . فقد كان يطالع في باب « الاصول » من كتاب « اللوقى » المصرى فأدرك أن العبارة تشير الى بناء قد والى مافيه من عمار ومخادع . ولاحظ أن الممار والمخادع كما وصفها الكتاب تضاهى في التسلسل والوصف تلك الوجوده في هرم الحيزه الاكبر ، وان البحث الأدبى الخاص بـ « القبر المفتوح » قد وجد الجزء البنائى للتمم له . في ذلك الناقوس الذى لاغطاء له الموجود في مخدع الملك . وقد وافق سيرجستون ماسبيرو ، مدير الآثار في مصر ، على هذا الحل النظرى الخدمى للقر بناء الهرم الاكبر حيث قال « ان الاهرام وكتاب اللوقى يعيدان لنا من جديد نفس البناء الاصلى ، احدهما بالكلام والثانى بالحجارة »

وهذا يفسر لنا ما جدا بهيرودوت المؤرخ القديم أن يقول عن الكهنة المصريين بأنهم قالوا ان خوفو لم يدفن في الهرم الكبير ، وأن الهرم لم يكن في الأصل قبرا كما يبدو من الطور التجريبي لبناء الهرم . ولم يدفن زوسر Zoser باني الهرم الأول فيه ، بل دفن في قبر في بيت خلاف ، وان صنفرو ابنتى هرمين في حين أن واحدا منهما كان يكفى لان يدفن فيه .

والظاهر أن رأى مرشام آدمز هذا قد تأيد تأييدا قاطعا من طريق خواص الهرم الاكبر التى ذكرناها . وأما البحث الذى يشير اليه هو وماسبيرو فينتهى الى طوقس أقدم عيد في العالم — وهو الذى كان يقام ولا يزال يقام في أول نوفمبر . فكانت السنة المصرية القديمة تنتهى بليل عيد جميع القديسين ، وكانت سنتهم الزراعية الجديدة تبدأ بعيد البندر في أول نوفمبر . ففي ظهر ذلك اليوم تحدد انكسكسات

وجعى الهرم الاكبر الشرق والغربى ، بواسطة سطحى انكاسهما الرأسين وامتداد هذين السطحين ، الربع الدائرى لـلـتـا النيل (باعتبار موقع الهرم مركزا للدائرة) وهى التى تشتمل على الأرض للزراعة كالمها فى الوجه البحرى .

وعلى ذلك فنجتئى هى أتب الوظائف الخارجية والداخلية للبناء ثبت أنها مترابطة . ولازالت احتج بأن هذا الترابط يعلل تعليلا مرضيا مسألة أن نظام المعر العلوى قد وضع تصميمه لىكى يخلد رسم هذا الترابط وتصور هذه الصلة ، وكذلك يعلل اغلاقه بأحكام واخفاء مدخله لتحقيق ذلك التخليد . وإخال أنى تكاملت كثيرا بخصوص توضيح أن الفرض من داخل الهرم الاكبر خليق بالعبقورية التى ظهرت فى تصميم مقاصده البنائية وبدقة صنعته القائمة .

ولصدق من تفصيلات البناء فى مجموعة الممرات العلوية علاقة هامة بمسألة المبادئ العامة للتصميم البنائى . وهذا واضح على الأخص فى حالة الدهليز الكبير وتفاصيله . فان الفرض من هذه التفاصيل يلح من نظوة واحدة ، كما فى حالة تمشيق السكتل المسقفة للدهليز فى الجدران الجانبية . فالصينة الاخيرة للبناء قد اختيرت ، كما يبدو ، لتساعد فى ضم السقف والجدران مما لمقاومة الدفع خلال منحدر للممر . ومن المهم فى هذا الصدد أن نعرف أن جميع وصلات الجدران الجانبية للدهليز عمودية على الأرضية .

أما التفصيلات الأخرى فليس لها مثل هذا التفسير الظاهر . على أنه يوجد تفسير من هذا النوع للحجارة الموجودة فى جدران الدهليز الجانبية . فكل حجر مشق فى احدى الجدران له مقابل مثله مشق فى الجدار الآخر .

وقد يصحح تفسير تلك الحجارة للعشقة تفسيراً ملاماً بأنها النهايات المنتشرة لقطع من حجر صُلبت لتحفظ السكتل القاعدية للجدران الجانبية مفضولة بعضها عن بعض للسافات المصممة خلال عملية البناء . وتمثل هذه القطع الحجرية المتتابة مظهر عوارض السلم الخشبي مرتكزة على المنزلات ramps الجانبية . وهذه العوارض

لا بد أن تسفن to be wedged في مواضعها فوق المنزقات قبل أن توضع الكتلة القاعدية المتعاقبة للجدران الجانبية في أماكنها ، مادامت هذه الكتلة قد فرشت متدرجة فوق المنزقات . وهذا يفسر لنا الثقوب في المنزقات بأنها كتلة الثقوب التي تصل لوضع العوارض في ثقوبها بالأسفين ، والجوانب الخارجية في ثقوب المنزقات بأنها خط البناء اللازم للكتلة القاعدية للجدران الجانبية .

أما المساحات الضيقة الفائرة في سطوح الجدران وفي الحجارة المشقة في هذه الجدران ، والتي تتراوح أعماق غورها من $\frac{1}{2}$ بوصة إلى بوصة واحدة ، فتبدو كأنها مكسورة . والظاهر أنها عملت في المداخل المكسورة الجوانب لأجل التنب والنحت ، ومن ثم للثقب والحفر في المقطع السفلي للعوارض في مقابلة الجدران الجانبية . وذلك قصد إزالة هذه العوارض بعد تأديتها وظيبتها الوقتية .

والآن إذا كان من الضروري حفظ الكتلة القاعدية للجدران الجانبية معزولة خلال عملية البناء ، فما لا يقل عن ذلك ضرورة حفظ المنزقات الجانبية الأخف معزولة أيضا أثناء الوقت الذي خلاله توضع الكتلة القاعدية للجدران متدرجة فوق المنزقات . وهذا يدل على الحاجة لهذه الكتلة المؤقتة الأقل عرضا من المسافة التي بين الوجهين المتقابلين للمنزقين الجانبيين ، ولسكنها سُخِّمَتْ بين هذين المنزقين عند المسافة المقصودة بينهما . على أن هذه الكتلة يمكن بالطبع منعها من الانزلاق بواسطة العوارض القاطعة الممتدة بين منزلق وآخر ، ويمكن من ثم تعيين أطوال هذه الكتلة بقياس المسافة الموجودة بين عارضين قاطعين .

ومن مسافات ثقوب المنزقين التي عينها الاستاذ بيازي سميت Pinazzi Smyth بدقة أعددت رسماً يدل على حجم كل كتلة وعلى عدد هذه الكتلة .

ومن هذا الرسم وجدت أن العوارض القاطعة قد صممت بحيث تحفظ الكتلة متباعدة بعضها عن بعض فوق منحدر الأرضية بمسافات قدر الواحدة منها ذراع مصرية أي ٦٣ و ٢٠ من البوصات ، وأن الكتلة تتراوح في الطول بين نهاية

عظمى قدرها ٢٠ من الأذرع ونهاية صغرى قدرها ذراعان . وهذا يؤيد ، لأى مهندس من مهندسى البناءات له معرفة بأعمال المصريين القدماء ، فى الحجارة ، أن الكتل وضعت كما افترضت . أما الكتلتان السفليتان فلا بد أن تكونا قد تهيأتا بحيث يمكن ازاحتهما لتسمحا بامتداد العمل الى مخدع الملكة خلال عملية البناء والانشاء . ومن ثم نجد أن اللوحة الحجرية (البلاطة) المسقفة التى تقطع الفتحة المؤدية الى مخدع الملكة قد صممت أيضا بحيث تكون قابلة للتحرك الى ما يقرب من نصف طولها . وقد أيدت ذلك تفاصيل البناء الحالية .

ويتطلب التصميم الكامل للأعمال الوقتية المذكورة أرضية مؤقتة أيضا من البلاط تمتد فوق الكتل وفوق العوارض ، على أن يكون عمق البلاط كافياً لمنع الأقناض أثناء البناء من التدرج فى الممر الصاعد الأول . ويدل الترتيب الظاهر على أن كتل ما بين المنزلقين قد تركت لتتزلق فيما بعد هابطة الى الممر الصاعد الأول . وهنا يظهر آخر اختبار لرأى . فالكتل الظاهرة بحكمة الوضع تماماً بين العوارض المتاملة . ومن ثم فهى متواصلة من النهاية السفلى للدهليز الكبير الى وجه الدرجة السلمية الكبرى . وهذه الكتلة اذا أطلقت فلها تملأ ما طوله ١٠٥ من الاقدام و٩ بوصات من الممر الصاعد الأول . وهذا الطول هو المسافة الممكن الحصول عليها من الممر الصاعد الاول فوق النهاية الأصلية للسدود الجرانيتية على حسب مقاسات سير فلنדרز بترى .

ويفسر انزلاق الكتلة هابطة الى مقرها الأخير فى الممر الصاعد الاول وجود تلك الخدوش المخططة المنقطة على الجانبين الرئيسيين للمنزلقين . ويلاحظ أن هذه الخدوش موازية للأرضية ، بل أنه يفسر أيضا روايات العرب بخصوص ما أجراه عمال الخليفة المأمون ، الذين تقبوا الهرم فى محاذاة السدود الجرانيتية . وتقول هذه الروايات ان العمال العرب اضطروا ، فيما فوق السدود الجرانيتية ، الى قطع ما لا يحصى عدده من كتل الحجر الجيرى الواحدة بعد الأخرى . وان هذه الكتلة

كانت تنزلق هابطة واحدة نحو اخرى .

وقد أعطانا بترى موضع النهاية العليا الأصلية للسدود الجرانيتية مستخلصا ذلك من قطع الجرانيت المفتتة التي لا تزال لاصقة بالأرضية والجدران . فإذا حملنا رسمًا تخيليا لموضع هذه النهاية المربعة للسدود الجرانيتية لانتضح لنا أن عملية كسر كتلة من الحجر الجيري مربعة الحافة تسندها من الخلف كتل متراخية مربعة الحافة أيضاً ، تستلزم من جانب عمال الخليفة المأمون أن يقطعوا جزءاً مائلاً من نهاية الكتلة الجرانيتية الثابتة لكي « يتحرر الفتاح » وهذا يفسر لنا لماذا كسرت النهاية العليا للسد الجرانيتي على هذا النمط .

إخال انا كلنا متفقون على أن هذا التفسير للفصل الذي قدمته يتم على شكل مرض مقنع حالة إغلاق للممر الصاعد الأول إغلاقاً تاماً فعلاً .

لم يبق بعدئذ إلا أمران خاصان بالدهليز الكبير ليسا مرتبطين فقط بمسألة الإغلاق هذه ، بل مرتبطين أيضاً بالقاعدة الرئيسية في التصميم البنائي للهرم الأكبر وهذان الأمران هما فتحتا الطريقتين الإضافيتين المنقوبتين بعد الانتهاء من بناء الهرم للبحث عن التأثيرات الداخلية لهبوط حدث . وقد عمات هاتان الفتحتان بدقة وعناية لكي يجتنب إغلاق أى الوجوه أو الأبعاد الجوهرية للدهليز الكبير . وعند النهاية السفلى للدهليز قد أزيح جزء قصير من المنزلق الجانبى الموجود في الجهة الغربية بالقوة في الدهليز بسبب ثقب آت صعداً من الممر الهابط . وقد أختير الموضع الذى أزيح من مقطع المنزلق بعيداً عن أول الدهليز الكبير لكي يتجنب بذلك أى تلف يحدث في الجدار الشمالى للدهليز . وبالمثل ثقت الفتحة الموجودة في النهاية العليا للدهليز عند آخر سقف الدهليز وتحت مباشرة ، وإنما في الجدار الجنوبي . ويؤدى هذا للفنذ أو السرداب إلى أسفل حجرة من الحجرات التي توجد فوق مخدع الملك ، وهو في سبيل النقب للوصول إلى هناك يعمل لفتحتين كل فتحة منهما تساوى زاوية قائمة . وكان يمكن عمل ثقب مستقيم من قبة

النهاية العليا لجدار الدهليز ، إذ أن ذلك أبسط وأسهل ، ولكنه كان من جهة أخرى يتلف البناء من ناحية نهاية السقف .

وأما النهاية السفلى للمنفذ المنقوب ، والتي هي للدخل الأصلي للمنفذ ، فعميقة في المر الهابط . وقد حُفرت من هذا المر ، بعد بناء الهرم ، لا من داخل الهرم هابطة إلى المر الهابط أثناء بناء الهرم . وهذا واضح من مظهر كل من النهايتين السفلى والعليا لتلك للمنفذ أو السرداب المنشأ جبراً . وابتداءً من النهاية السفلى للمر نجد أن الجزء الأول المحفور يهبط تازلاً من جانب هذا المر بالكيفية الصحيحة التي يتبعها الحفار المادى الذى ترك وشأنه فى اتباع طريقته الميكانيكية الخاصة به . وبعدئذ نرى أين عين الحفار لنفسه اتجاه الحفر والنقب ، وإلى أى مدى اتبع صمداً هذا المنحدر القليل الميل على الاتجاه الرأسى قبل أن يصحح اتجاهه (أنظر شكل ٦)

ويوجد شقان كبيران مارين بالمر الهابط فى الصخرة الطبيعية — وهذان كانا موجودين أثناء عملية بناء الهرم وقد سُدّا عند تقاطعهما بالمر — وهما يفسران لنا لماذا أخذ للمنفذ المحفور طريقه ، ولماذا بُدئ به على هذا العمق الكبير فى المر الهابط وفى الصخرة الطبيعية التى بنى الهرم فوقها ، وظاهر أن هذا المنفذ أو السرداب بُدئ فيه ثم أخذ هذه الاتجاهات ليؤكد تأثيرات الهبوط فى الشقين الممتدين إلى أعلى الصخرة . فلما تحققت هذه التأثيرات وُجِه هذا المنفذ رأسياً صمداً إلى كهف طبيعى معروف فى الصخرة ، وهذا الكهف كان ظاهراً معروفاً عند ما أعدت أساسات الهرم . ثم كسى هذا الكهف بالحجارة لئلا يكون طريقاً خفياً للعمال ، ومكاناً متوسطاً لوضع آلاتهم . ويحتمل أن يكون العمال اتخذوه مكاناً لتناول الغذاء . ومن الكهف يمتد السرداب فى اتجاه مائل خلال مباني الهرم إلى اللوح المطلوب الواقع رأسياً أسفل للدخل المقصود للدهليز الكبير . وعندئذ قطع الجزء الرأسى الأخير من السرداب للوصول خلف المنزلق

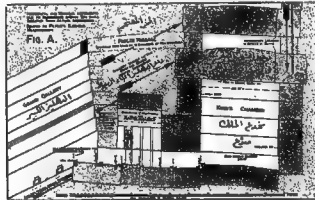
من الجانب الغربي للدھليز عند نهايته السفلى .

ولما وصل العمال الى خاف للنزلق فتحو ثقاً أفقيّاً قصيراً تحته ، ومنه اقتطعوا جزءاً من النزلق ودفعوا بأجزائه الى الدھليز الكبير . ومن شكل السطوح للكسورة يتضح جلياً أن حجر النزلق قد دفع به من هذا النفق الأفقى الى الدھليز .

يدل تسلسل العمليات المذكورة على أنه كان لدى المهيمنين على عمليات الحفر رسوم مضبوطة للهمم الأكبر ، وعلى أن طرائقهم في وضع خطوط الاتجاه لكي يصلوا بالضبط إلى غرضهم المحدود كانت طرائق لا يوجد في وقتنا الحاضر أحسن منها . وظاهر أن هذا العمل قد تم خلال الفترة الزمنية التي تزيد قليلاً عن ثلاثة قرون ، والتي تفصل ما بين الزمن الذي تم فيه بناء الهرم والزمن الذي غزا السوربون فيه مصر . وهذا يجعل تاريخ حدوث الهبوط العظيم الأول داخلًا في هذه الفترة وتدل حقائق أخرى على أنه لم يحدث منذ ذلك الوقت تغيرات أخرى أعظم من تلك التي ظهرت للمفتشين في ذلك العصر بسبب ذلك الهبوط مع أن الزمن الذي مضى يبلغ نحو ٤٥٠٠ سنة .

وإذ تم هذا المنفذ للقتع إلى الدھليز الكبير كما ذكرت لخص مخدع الملك فدل الفحص على أنه عانى أسوأ حالات الانفعال والتعريف . وأنه سيعانينا إذا ما فتحت الجارى الهوائية للوجود في المخدع ونستطيع أن نرى أن تمت خطراً عظيماً كان يخشى منه على زوافد (كرات) السقف وعلى الحجرات التي تعاو مخدع الملك ، لأن هذا المنفذ العلوى للقتع إنما عمل لفحص هذا الخطر وحده ودرسه لا لأى غرض آخر كما هو واضح . وقد غطيت الفتحات الموجودة بين وصلات البناء بالملاط ، بل إن واجداً من زوافد السقف للشقوفة في مخدع الملك قد سد شقه بالملاط المبسوط فوقه . وجلى أن هذا كان لاستقصاء أية فتحة أخرى للوصلات أو أى امتداد للشق . ولم يعتمد للدخل للقتع فوق سفلى الحجرات في البناء . ومن

هذا نستنتج أن الفحص الذي تم إلى هنا على أيدي مفتشى البناء قد أقتنعهم أنه ليس هنالك ثمة خطر مباشر يخشى منه . على أن سفلى حجرات البناء قد اقتضحت بعد ذلك بما يزيد على أربعة آلاف سنة ، فوجدت بنفس الحالة التي تركها لنا المفتشون الأقدمون . ويحتمل ، بل من المرجح كثيراً ، أن تكون الشقوق الموجودة الآن في الروافد المسقفة ، والتي لم تكس بالملاط ، شقوقاً تكونت بعد هذا التفتيش القديم . على أن جميع روافد السقف في مخدع الملك مشقوقة الآن على طول نهاياتها الجنوبية . وسواء كانت هذه الشقوق قد تكونت قديماً أو حديثاً فإنها جميعها نتيجة الهبوط الأصلي الذي شق الرافد الأول في السقف ، ذلك الرافد الذي كسى بالملاط عند الكشف عليه .



شكل (٩) التعرف الحادث في مخدع الملك والمخدع المجاور بسبب الهبوط

وبرينا الشكل الخاص بالتحريف الناشئ عن الهبوط الحادث في مخدع الملك وفي المخدع اللؤدى له ، التعريفات مكبرة عشر مرات . وقد أعد هذا الشكل بناء على أقيسة برى ومناسبيه الدقيقة . ويجب أن يدرس هذا الشكل مع صور الشكل الذى يليه . ففنها مجتمعة يتضح أن حركة اهتزاز أقيسة قد أصابت مخدع الملك فصدمته صدمة سببت تهشيمه فدفعت به إلى المخدع اللؤدى له وإلى الدهليز الكبير . ولكن ذلك قووم لا بواسطة القصور الذاتي لمدايميك البناء الأفقية

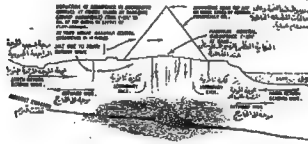
المجاورة لهذا الخدع وللدهليز الكبير فقط بل بوساطة الدفع المائل للدهليز . ويتضح من شكل التحريف أن تأثير هذا الدفع هو الذى حول الروافد للمسقة لخدع الملك فى الحال الى زوافد مقلوبة مثبتة من طرف واحد cantilever بعد أن شققها كما هو ظاهر فى الرسم . وتدل النتيجة — مهما توقعنا من تفاصيل بناء الهرم الأخرى — على أن التفاصيل البنائية فى الدهليز الكبير وحوله من حيث الحجم الكبير اليايس الذى أتمدت فيه اليبوسة بالمرونة أكبر حتى مما يصح أن نتوقعه من تفاصيل البناء الداخلية للدهليز نفسه .

أما الحجرات العليا (فوق خدع الملك) ، التى لم يفتحها المفتشون الأقدمون فقد اقتحمها لأول مرة الكولونيل هوارد فايس بصحبة مهندسه الدنى مستر برنج Perring منذ ٩٢ سنة . وقد علق بترى تعليقاً شيقاً على الطرائق الفنية القديمة لهؤلاء العمال الأقدمين فى ميدان الآثار المصرية ، وقد أشار بترى اليهم فى تعليقه بأنهم « أولئك السافرون النفاخون النشطاء . »

على أن التفاصيل التى كشف عنها مدخل فايس المقتحم قد برزت كل « ذلك النفس والنفع للشطين » هنا وفى كل مكان آخر . وتدل هذه التفاصيل بوضوح على أن واضع تصميم الهرم الأكبر توقعوا ذلك المهبوط العظيم الذى حدث فى الطبقة التى تحت الصخرة الطبيعية القائم عليها الهرم ، فوضعوا تصميم الحجرات بهذا الشكل لكي تكون كسلسلة من أجهزة التصادم buffers بين كتلة الهرم المطروحة وبين روافد السقف فى خدع الملك ، أثناء حركة المهبوط التوقع . وعلى ذلك فعلى الرغم من أن جميع روافد السقوف فى الحجرات من الجرانيت ، فإن أعلى الروافد السقفية المائلة من الحجر الجبرى ، وليست فى الأصل موضوعة ناتئة فى أماكن متقاربة بل وضمت كروافد مستقلة لتستقبل صدمة المهبوط الأولى لتلك الكتلة البنينة الراكزة ، أولاً على اعتبار أنها روافد مثبتة أطرافها ، ثم بعدئذ على اعتبار أنها كتل مسقفة ناتئة . وبالمثل فإن الكتل الحاملة

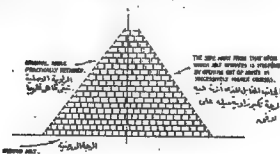
للوجود في الحجرين المائتين من الحجر الجيري ، مع أن السكتل الحاملة للوجود بين الزوائد المسقة للحجرات الثلاثة السفلى من الجرانيت .

ومن ثم فبدلاً من دلالة هذا على رداءة الصنعة — كما ظن بعض ذوى رأى من علماء الآثار المصرية — فإن الصنعة في هذه الحجرات هي النتيجة اللازمة لجودة التصميم . وأن طريقة البناء الثابت للتنظيم على الإطلاق مع انتظام دقة الصنعة كانت تكون خطرة . ويدل كل شيء على أنه كان معروفاً لدى القدماء أن هبوطاً كبيراً لابد حادث ، وأن الهرم الأكبر قد وضع تصميمه خصيصاً بحيث يقاوم ويحتمل تأثيرات هذا الهبوط الدهر كله .



ROUGH DIAGRAMMATIC ILLUSTRATION OF SUBSIDENCE AND SHIFTING EFFECTS OF BURIED CHAMBER COLLAPSE.

شكل نمطي لبيان تأثيرات الانهيار والاحتكاك في غرف الدفن المدفونة.

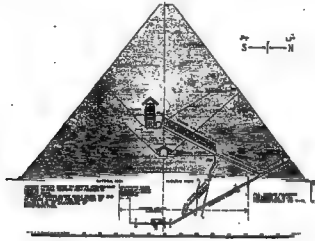


شكل (١٠) لبيان سبب الهبوط في الهرم الأكبر ولاظهار بعض تأثيراته

وكذلك يدل تصميم الهرم الأكبر في الجملة وبناء الفلوق التي ظهرت في قطع المرء المهابط على أن واضع تصميم الهرم الأكبر كانوا يعرفون أن ثمة كنهناً

هابطاً يوجد في الطبقات التحتانية أسفل موقع الهرم . ولقد ذكرت نقلا عن يرى ذلك التوزيع الواسع للدى لتلك الكهوف الكائنة في طبقات الحجر الجيري التي تحد وادي النيل . ولذلك فالحقائق المادية تدل على أن أولى خطوات البناء اللنطية في الهرم الأكبر هي قطع للمر الهابط ونحته في الصخرة الطبيعية . وهذا القطع أظهر الفلوق . ويفسر استكشاف هذه الفلوق السبب في ذلك الصخرة الطبيعية الكائنة أسفل بناء الهرم . وتدل الفروق على هبوط ممكن ، وهذا الهبوط يستلزم إقامة « عقد منبسط » في بناء من ذات الحجر الواحد monolitho ، وهذا العقد يتطلب تكويناً نووياً لكي يتم تكوين وظيفته ، فكان ذلك نواة العقد للمنبسط . ومعلوم أن الهبوط الكهفي هو دائماً نتيجة زلزلة صغيرة . والزلزلة الصغرى تنجم عن تفاعلات ثانوية كاندفاع النهايات الثابتة للطبقات المسققة الى أعلى مثلاً ، وهذه الطبقات هي التي تبقى بعد انخساف الكهف . وهذا الاندفاع أو الزكل الى أعلى يبعث الى الخارج موجات متشعبة . ويعود فعل هذه الموجات على شكل موجة مصدية echoing wave وأما إذا تدخلت في الأمر تغييرات محلية عميقة في اللدسوب فإن هناك رجوعاً نهائياً لفضلة على سطح اللوجة « المصدية » من الناحية التي يكون فيها التدخل على أقله . ففي حالة الهرم الأكبر اصطدمت هذه الفضلة عند منسوب التكوين من الجنوب كما في الشكل . وتأثير هذا الفعل الثانوي أن يرج جميع مدايمك الهرم متجمعة ويهزها ناحية الشمال . فيكون التأثير الناتج من ذلك أن الوجه الجنوبي للهرم لا يتغير تغييراً مادياً في الزاوية ، في حين أن الوجه الشمالي يزداد انحداره اقتراباً من الاتجاه الرأسي وذلك بواسطة نقص الكتلة الجائئة من الجهة البعيدة عن تلك التي عملت فيها الزجة أو الهزة أولاً . ويدل فحص الجرفين الشرق والغربي على أن لهما زاويتي ميل واحدة تساوي كل منهما زاوية جرف الناحية الجنوبية . وهذا يبين أن انخساف الكهف قدكون شيئاً wedge هائلاً من الفلوق أو الشقوق يمتد بالتقريب من الشرق الى

القرب تحت الهرم . أما الانحرافات الداخلية الشمالية الجنوبية للهرم فتدل على أن المحور الأساسي لأخفاف الكهف يجرى على وجه التقريب من الشرق الى الغرب وجنوبى مركز الهرم بقليل ، وأن المحور الأصغر للأخفاف يمتد من الشمال الى الجنوب وغربى مركز الهرم بقليل . وتتحد هاتان الدالتان مع اتجاهات التعريف الرأسية والأفقية التى تظهرها لنا على التوالى جدران مخدع الملك وأرضيته وسقفة .



شكل (١١) المقطع الرأسى للهرم الأكبر كاهو الآن
وفيه بيان للتعريف الحادث بسبب المهبوط العام

والآن نحن فى موقف يمكننا من درس تأثيرات المهبوط فى الهرم الكبير بجملة . فقد أعددت شكل التعريف المهبوطى من الأقيسة الزاوية والمستقيمة التى أجراها ترى . ويدل هذا الشكل على التغيرات الحادثة بسبب هذا التعريف مكبرة عشر مرات . أما المعلومات الاحصائية التى فى الشكل على أسامها فقد رتبته فى جداول ونوقشت بالتفصيل فى كتابى انخاص بالهرم الأكبر . ويرينا الشكل كيف أن القضاء الحادث بسبب الرجة بين اللداميك من الجنوب الى الشمال قد زاد من ميل منحدر الجرف فى الناحية الشمالية على الأفق . ويوضح الشكل أيضاً كيف أن ميل مداميك القلب قد زاد فى زاوية المهبوط لمر للدخل وفوطح زاوية للمرات المساعدة . وهذا التفريط فى الزاوية

الأخيرة يقل بالتدريج صوب مركز الانحراف ، بسبب أن الانحراف للركزى يقل بانتظام للمداميك المتعاقبة ابتداء من القاعدة فما فوق . فإذا محونا كل التغيرات الناجمة عن الانحراف للترزايد في اللمرات داخل البناء — وبعبارة أخرى إذا نحن قومنا كل الالتواءات أو التحريفات لوجدنا أن كلا من مجموعى للمرين الهابط والصاعد قد بنيت على زاوية ميل واحدة لكل منهما .

وهناك نتيجة أخرى لمحو هذه التغيرات . وهى أن قاعدة جدران مخدع الملك وقاعدة المخدع المؤدى له قد ثبتت انهما وضعتا فوق رأس للمدماك الخمسين فى البناء ، وأن كتل سقف المخدع المؤدى للمخدع الملك فوق قبة المدماك السادس والخمسين ، وأن كتل سقف مخدع الملك فوق قبة المدماك التاسع والخمسين ، وأن أعلى مدماك لجميع جدران مخدع الملكة — وهو الذى يكون قبة الجدارين الشمالى والجنوبى لهذا المخدع — فى منسوب قبة المدماك الثلاثين من المداميك القبلية فى الهرم .

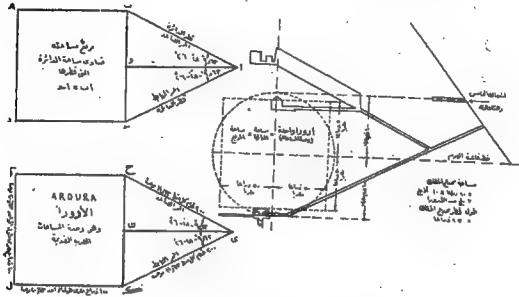
وتسفر العلاقات الهندسية والمثلثية (المتعلقة بالمقاييس والأوزان) المستنتجة من زاوية الممر المجددة ، عن أعظم فوز مباشر نجم عن هذا التجديد . فأشكال هذه العلاقات تدل على أن للسافة المنحدرة لأى قدر رأسى خاص من أقدار الاخراج بين للمرين الهابط والصاعد تُظهر :

أولاً — العلاقة بين قطر أى دائرة معلومة وضلع المربع الذى مساحته تساوى مساحة هذه الدائرة .

ثانياً — العلاقة بين وحدتين من وحدات القياس الطولية عند قدماء المصريين ، وبين وحدة من وحدات المساحة عندهم .

وكل هذا يتفق مع الخواص الهندسية لخارج الهرم ، وبذلك يتأكد كل ما قلناه عن بترى وهو « أن الخواص الهندسية التى يجمعها الشكل المختار للهرم لا يمكن أن تكون وليدة الصدفة العارضة ، وهى تدل على تقدير عظيم ودراسة وافية لعم الهندسة . فنسبة ارتفاع الهرم الى محيط القاعدة كنسبة نصف قطر الدائرة

الى محيطها . . . وتدل شتى المطابقات للمساحات والسطوح في اجزاء أخرى من الهرم على مثل هذه الآراء . »



شكل (١٢) العلاقات الهندسية والتروولوجية لداخل الهرم

ومع هذا فإن ذلك التجديد أو الاعادة للأصل يرينا شيئاً آخر جديداً ، وهو العلاقة الهندسية بين طرق القياس المختلفة عند قدماء المصريين . وهناك عدا ذلك نتيجة أخرى للتجديد ظاهرة في الرسم ، وهي تدل على أن الوحدات التروولوجية نفسها ومشتقاتها أيضاً خُلِدت بواسطة المقطع الرأسى لتحدد المسكة ، والمخدع الكائن تحت الأرض ، ولنهاية المر المهابط .

والآن بدأنا نرى لماذا عملت كل تلك الأعمال التجريدية السابقة بخصوص بناء الهرم . بل بدأنا نتحقق أن الهرم الأكبر قد بنى لتخليد شىء آخر غير مجرد اسم الملك الذى بناه . وقد بدأنا نفهم أنه ليس مثلاً فداً من مثل هندسة البنائيات في العالم فحسب ، وإنما هو قد بنى ليبقى الدهر كله قائماً حتى يتاح للناس أن يفهموا ويقدرُوا هذه الحقائق وغيرها مما هو مكتوب مبدخ في بنائه . وأن به لكثيراً مما يصح أن نتعلمه ، وما ذلك الذى جئت على خلاصته في هذه الرسالة إلا أقل

عناصره أهمية في مجال الثقافة والتعليم.

وقبل أن أختتم رسالتي أراني ملزماً بالإشارة باختصار إلى مسألة هامة . وهذه
 المسألة تتعلق بالتنصر الزمني من جهة تطبيقه على نشوء قواعد تصميم الهرم ، ومن
 حيث تطبيقه على بناء الهرم الأكبر بالفعل . ويلاحظ أنني كنت حريصاً في
 إعطاء التواريخ بالتقريب مقدرة بحد صريح من ألوف السنين ، أو إلى أقرب
 نصف ألف . ولا يمكن لأية مدرسة لتاريخ الآثار المصرية القديمة - ماعدا مدرسة
 سيرفلندرز بترى - أن تنقض أى تحديد للتواريخ أو الأزمنة التي ذكرتها .
 على أن علماء الآثار المصرية في أوروبا وأمريكا يذكرون - كما توقع بترى -
 تواريخ تتراوح بين الحدود المرننة للتواريخ والأزمنة التي أعطيتها . وأن تواريخ
 بترى التي حدد بها الأمر الستة الأولى المصرية للمالكة تسبق التواريخ التي
 يعطيها أى عالم حجة في أيامنا هذه بما يقدر من ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ سنة . وقد دعاني
 إلى ذكر مسألة التاريخ هذه باختصار أن كل ججججج البنائية تتوقف على مدى
 التواريخ والأزمنة التي ذكرتها .

الرسالة الثانية

عمليات الهرم البنائية

تنظيم قدرة الانسان في عصر الهرم

في رسالة لي عنوانها « المقاصد البنائية في الهرم الأكبر » كنت تلوتها في فرع يوركشير لمعهد مهندسى البنائات في مدينة ليندر في السامع من فبراير سنة ١٩٢٩ ، بحثت مسألة الهرم الأكبر وانشائه من وجهة للمهندس واضع التصميم للبناء . وقد نشرت هذه الرسالة في عددى يوليه وأغسطس سنة ١٩٢٩ من مجلة « مهندس البنائات » أما البحث الحالى فهو محاولة تقصيت فيها المسائل الأكثر تعقيدا الخاصة بنظام عمل بناء الهرم من حيث قطع الحجارة وتثبيتها ثم رفعها ونقلها . وأنى في هذا الصدد لا أقدم بمطلب مذهبى بالنسبة لأن البحوث الهندسية السابقة قد أخفقت في الوصول الى نتائج مرضية . ولكن تقدمى مع ذلك للبحث هو لأن بعض حقائق مادية ذات أهمية جوهرية قد ظهرت في الوجود بعد ما أجرى من البحوث السابقة ، وأنى أدير مناقشتى للمسألة اليوم في ضوء هذه الحقائق الأكثر جِدَّة . وما دامت هذه الحقائق الأحداث بهذا تتعلق غالبا بالعنصر الزمنى الخاص بمسألة بناء الهرم وعملياتها ، وأذ كان الزمن الجوهر لأبى تسلسل منظم لعمليات البناء ، فأنى سأناقش أولا هذا العنصر الاساسى في بحثنا الحالى .

الاساس الزمنى للبحوث السابقة

بنيت أهرام الحيزة الثلاثة الرئيسية خلال عهود حكم ثلاثة الملوك الأول من الأسرة الرابعة المصرية . وهم للمروفون على التوالى بالملوك خوفو وخفرع ومنقرع .

وخوفو هو الذى سماه هيرودوت المؤرخ القديم باسم كيوس ، وقد بنى الهرم الأكبر فى عهده ويشتمل من اللباني على ما يقرب حجمه من ٨٥ مليوناً من الأقدام المكعبة . وبنى خفرع الهرم الثانى ويشتمل على ما يقرب من $\frac{1}{4}$ ٧٨ من ملايين الأقدام المكعبة . أما الهرم الثالث فقد بناه منقرع وهو أصغر كثيراً من هرمى سلفيه . ويقول الراهب المصرى مانيتو Manetho فيما كتبه فى القرن الثالث قبل الميلاد ، بأن مدد حكم الملوك بناء الأهرام أولئك كانت طويلة جداً — فى على التوالى ٦٣ سنة و ٦٦ سنة و ٦٣ سنة للملوك خوفو وخفرع ومنقرع . ويقول هيرودوت ، الذى زار مصر فى القرن الخامس قبل الميلاد ، أن المصريين قدروا حكم خوفو بخمسين سنة وحكم خفرع بست وخمسين سنة . ويقول أيضاً أن الأعمال التمهيدية للهرم الأكبر — من تنظيم سبل النقل ، وتمهيد المكان وإعداده ، وتقب ما أريد نقيه تحت أرض الهرم — استغرقت ١٠ سنين ، وأن البناء نفسه استغرقى ٣٠ سنة أخرى .

وظل تمهيد مانيتو لمدد الحكم الطويلة تلك ، هو وما ذكره هيرودوت خاصاً عن الهرم الأكبر من أن عمليات التمهيد والبناء قد استغرقت ٣٠ عاماً ، مقبولا إلى عهد غير بعيد . وقد وضع ترى الرأى الأقدم فى جوف بندقة مغلقة حين قال « إن الاقتراح الخاص بانقاص مدة حكم الملوك بناء الأهرام يتضمن مسألة أعوص هى بناء الأهرام فى مدة أقصر . » وهذا الاقتراح الذى يشير إليه ترى قد قدمه عدد من أعلام علماء الآثار المصرية خلال ما يزيد عن ٣٠ عاماً . وهو يقول إن للدونات المتعاقبة عن فترة بناء الأهرام والمستندات السكتائية ، قبل مانيتو بنحو ألف سنة ، متفقة فى بيان أن المدد التى قضاها خوفو وخفرع ومنقرع فى الحكم هى بين ٦٠ و ٧٠ سنة مجتمعة ، أو ما يقرب من ثلث المدة التى قال بها مانيتو . وقراءة هذه الحقائق من الدونات المعاصرة ومن المصادر والأسانيد المكتوبة القديمة قد تحققت من للدونات الموجودة فى القبرين الذين استكشفتها حديثاً

بعثة بوسطن - هارفارد Boston-Harvard تحت رئاسة الدكتور ريزنر Reisner وتدل هذه المدونات على أن خمسة أنسال من أسرة الملكة هت ب هيريس Hetep-heres تمتد من ابنها خوفو أحد ملوك الأسرة الرابعة الى حكم يسيرنرا Userenra في الأسرة الخامسة . ويحدد مايتو هذه الفترة بـ ٣٨٧ سنة او ٧٧ سنة لكل نسل من أسرة هت ب هيريس . على أن النقوش والكتابات المعاصرة لزمان الأهرام اذار بط بينها وبين مدد الحكم المذكورة في أقدم الأسانيد تغطي خمسة أجيال أو أنسال كل منها ٢٣ سنة بين ذلك الحكيم بما فيه الحكيم نفسها . ولكن يترى قال بخصوص الانسال المعروفة من الأسرات الملكية أن « أنسال ٢٢ سنة لأكبر الأبناء سنا الذين على قيد الحياة (والذين أظهرهم ملوك اليهود) تتفق بالضبط مع التاريخ (المصري) المعروف : »

وفضلا عن ذلك كله فإنه معروف الآن أن سنفرو ، الذي سبق خوفو ، قد بنى هرمين شغلا معا من البناء ما حجمه ٨٨٦ من ملايين الأقدام المكعبة — وهذا القدر يزيد عن حجم هرم خوفو الكبير بثلاثمائة مليون ونصف مليون من الأقدام المكعبة . ومع ذلك فإن ما نيتو يعطى لسنفرو ٢٦ سنة مقابل ٦٣ سنة أعطاهها لخوفو . ومن ثم يوجد هنا تناقض في المعلومات التي منها اشتق العنصر الزمني للمباحث السابقة الخاصة ببناء الهرم . ولذلك يتضح أنه لا بد لنا أن نقبل بينات النقوش والكتابات المعاصرة وماسبقها من المدونات القديمة ، مهما صعب تطبيقها على الأساس الزمني القديم المقبول للتعليق ببناء الهرم . والتي تتضمن كما قال يترى « المسألة الأعوص وهي بناء الأهرام في مدة أقصر . »

الأساس الزمني الجديد

ان المعلومات الأركيولوجية التي تحدد عنصر الزمن لمسألة بناء الهرم المذكورة بصيغة مربوطة متألقة في كتابي « مصر القديمة و بابلونييا وآسيا الوسطى » وهذه

البيانات كلها مأخوذة من مدونات لأزمنة تسبق زمن ما نيتو من ١٠٠٠ إلى ٢٥٠٠ سنة ، وكلها تتفق في تحديد عهد حكم صنفرو بـ ٢٤ سنة ، وخوفو بـ ٢٣ سنة . وهاتان المدتان هما في الحقيقة المدتان الحقيقيتان لمهدي حكم ملوكين في قائمة ملوك الأسرة التاسعة عشر ، وهي القائمة المعروفة بقائمة بردية تورين Turin Papyrus . وأن معدل بناء هرم صنفرو — ٨٨٢ من ملايين الأقدام المكعبة في فترة زمنية قدرها ٢٤ سنة — تتفق مع بناء خوفو الذي قدره ٨٥ مليوناً من الأقدام المكعبة في فترة قدرها ٢٣ سنة ، وتعطي لبناء خفرع الذي حجمه ٧٨٢ من ملايين الأقدام المكعبة زمناً قدره ٢١ سنة . غير أن مدة حكم خفرع قد طمست في بردية تورين ، ولكن عدة خطوط من كتابات أخرى عن زمن الهرم تتفق في تقدير مدة الحكم بـ ٢١ سنة . وتعطي سلسلة من البيانات مدة من السنين لمجموع مدد الحكم كلها ما عدا مدة حكم خفرع الذي يجب أن يكون ٢١ سنة لكي يتم حاصل جمع هذه المدد . وتعطي بردية تورين لحكم منقرع مدة قدرها ١٨ سنة . وهذه المدة أطول من المدة اللازمة لبناء هرم منقرع وهو الهرم الثالث من أهرام الجيزة ويبلغ حجمه ٨٢ من ملايين الأقدام المكعبة . وإذا تبين عهود الحكم للتتالية الأربعة من صنفرو إلى منقرع ، بما فيها حكم هذين للملكين ، ٨٦ سنة ، ويكون متوسط عهد الحكم الواحد ٢١ من السنين . وهذا يدل على وجود الملكة مرتيتفس Mertitets — زوجة صنفرو — على قيد الحياة زمن حكم الملك خفرع ، كما تدل عليه النقوش الموجودة في قبرها . ومات الأمير سخمكرا Sekhemkara الذي تقلد الحكم بأمر خفرع ، في مدة حكم ساهورا Sahura ثاني ملوك الأسرة الخامسة . فإذا نحن تتبعنا التوقيت السخيف الذي عمله ما نيتو اتضح لنا أن سخمكرا هذا لا بد أن يكون تقلد الحكم ١٥٠ سنة على الأقل ، ولا بد أن يكون عمره كذلك ١٧٠ سنة على الأقل . ومن النقوش المعاصرة يتضح أن هذا تقلد الحكم أكثر من ثلاثين سنة وأنه تجاوز الحسنيين من عمره ،

ولكنه لم يصم أكثر من ٧٢ سنة .

أما الحقائق الجوهرية لبحثنا فهي أن خوفو ، الذى فى عهده بديء بناء الهرم الأكبر وانتهى ، حكم ٢٣ سنة ، وأن معدل بناء الأهرام كان واحداً فى الثلاثة العهود المتتالية ، وهى عهد منفرو وعهد خوفو وعهد خفرع . ومعنى هذا أن ١٨ مليون طن من الحجارة قطعت من المهاجرين ثم نقلت وأصلحت وبنيت فى ظرف ٦٨ سنة . وبمبحثنا خاص ببناء الهرم الأكبر — أى ما يقرب من ستة ملايين طن فى ظرف ٢٣ سنة . وقد خصص الجزء الأول من عهد خوفو ، كما هو ظاهر ، للأعمال الأولية التى يشير إليها هيرودوت ، إذ يقول أن هذه الأعمال استغرقت عشر سنين قبل البدء فى البناء الفعلى للهرم . وفى هذا الطور نفسه نجد تقسيماً لمدة البناء التى قدرها هيرودوت بمشرين سنة . ومعلوم أن شكل الرقم ٢ فى اللغة المصرية القديمة كان I ، وأن شكل العدد ١٠ كان n . وبالنسبة لتسليخ سطوح النقوش الأثرية ضاع الجزء العلوى من هذه العلامات فصارت II ، وكنتيجة لهذا التسليخ اعتبرت العلامة II الموجودة فى النقوش الثالثة كأنها n . ومن ثم نشأ الخطأ ، ولا زال علماء العاديات المصرية مختلفين فى هذا العدد من حيث قراءة الأعداد الموجودة على النقوش البالية . وقد ظهر من نقش بال أن البناء الفعلى للهرم استغرق ١٢ عاماً أى n II . فقرئت هذه كأنها n n أى عشرين سنة . ومن ثم يتضح أن الأعمال الأولية استغرقت ١٠ سنين من حكم خوفو . وأن بدء البناء وقع فى السنة الحادية عشرة واستمر البناء ١٢ سنة أى الى ابتداء السنة الأخيرة من حكمه أو السنة الثالثة والعشرين . على أن مدوناً مؤرخاً وجد فى جزء مخبوء قصداً فى البناء فوق مخدع الملك فى الهرم الأكبر فأكده هذه النتائج كل التأكيده ، كما تدل عليه الاعتبارات التى سنجد على ذكرها فيما بعد .

معادلة الطاقة الأدمية المبذولة

ان الوزن الكلى لكتلة الهرم الكبيرة الأصلية هو بالتقريب ٦ مليون طن ومجموع الطاقة الأدمية المبذولة (أو الشغل الحادث) في رفع الهرم مدما كما قدمناك تساوى بالتقريب ١٠٠٠ مليون طن - قدم . فلاحصول على منحني للراحل للتماقبة للطاقة الأدمية المبذولة ، قد اعتبرت الطاقة الكلية المبذولة في رفع البناء كله واحداً صحيحاً ، واعتبرت الارتفاع التام واحداً صحيحاً أيضاً . (شكل ١٣) وإذن تكون معادلة المنحنى كما يأتي :-

نسبة الطاقة الأدمية الكلية المبذولة $= ١ - ٣٥٣ + ٢٥٢$ بفرض أن ه كسر من الارتفاع التام (المعتبر أنه واحد صحيح) ، وهذا الكسر هو الباقي دون بناء الى القمة .

وإذن يكون $١ - ٥ =$ من الارتفاع التام الكسر الذي تم بناؤه من الحجارة .

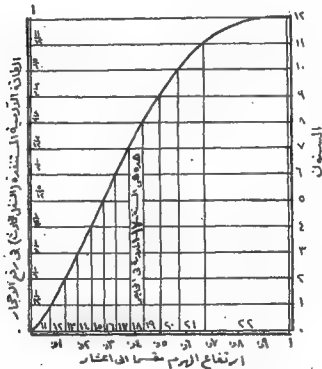
وعلى ذلك حينما يكون قد بنى من الهرم نصف ارتفاعه تكون $\frac{١}{٢} =$ وتكون الطاقة الكلية الأدمية المبذولة $= \frac{١}{٢}$

وبالمثل اذا بنى من الهرم $\frac{١}{٣}$ ارتفاعه تكون $\frac{١}{٣} =$ وتكون الطاقة الكلية الأدمية المبذولة $= ٥٠٠٦$ أو $\frac{١}{٣}$ تقريباً

فالأمران المذان ينتهما للمعادلة وهما ، أن نصف الشغل المبذول في الرفع قد حدث عند $\frac{١}{٢}$ الارتفاع ، وأن $\frac{١}{٣}$ الشغل المبذول في الرفع قد حدث عند $\frac{١}{٣}$ الارتفاع قد ألقيا ضوءاً شديداً على كثير من الفرائب البنائية في الهرم الأكبر .

وهنا أريد أن ألفت النظر الى صلاحية طريقة التحليل للتناسبة التي اتبعتها . فالحجارة إما أن تكون رفعت أو حملت الى أعلى الهرم وبمدتد نقلت الى مقرها المختار ، وإما أن تكون قد جرّت فوق منحدرات ، ثم في اتجاه أفقي الى مقرها المختار .

وقد يكون للطريقتين نتائج مختلفة في كمية الطاقة الآدمية المبذولة ، مقيسة بالطن — قدم ، ولكن حينما يكون معبراً بالوحدة في كلتا الطريقتين عن الطاقة الكلية فان المراحل للتناسبة للطاقة السنوية المبذولة لا يمكن أن تتباين تبايناً محسوساً . وعلى ذلك نكون قد استبعدنا اللوازنة بين مقاومة الاحتكاك في الجو وبين مقاومة ضبط العضلات من جديد في حمل الحجارة أثناء ما يبذل من مجهود في رفعها الى أمكنتها العالية .



شكل (١٣) بيان الطاقة الآدمية المستندة في إقامة بناء الهرم إلى النسب المتعاقبة

واذ رأينا أن العمل قد تم بنسبة واحدة ، أو معبل واحد ، في الأهرام الأربعة المتعاقبة في ثلاثة عهود متتالية ، فأننا نكون آمنين في اختيار نفس المعدل المتواصل الثابت للعمل في كل سنة تالية تكون عملية بناء هرم ما جارية خلالها مدما كما مدما كا . ومعنى هذا أنه خلال الألفى عشرة سنة التي انقضت في بناء

المهرم الأكبر يكون نفس مقدار الشغل الحادث ، مقبلاً بالطن — قدم ، قد أنجز في كل سنة تالية . وعلى ذلك ففي الرسم البياني الخاص بالطاقة المبذولة يصبح أن قسم الخط الرأسى للطاقة الكلية أنى عشر قسماً متساوية للسنين الأثنتى عشرة المتتالية ، ومن نقط تقاطع هذه الخطوط بالمنحنى نرسم خطوطاً أفقية تكون عمودية على المحور الأفقى للرسم . فالنقط التى نحصل عليها بهذه الطريقة على هذا المحور تعطينا بالتقريب الارتفاع الذى وصلوا اليه عند نهاية كل سنة من سنى العمل المتعاقبة .

ومعلوم أن ارتفاع الهرم هو ٤٨١ قدماً وبوصتان ، وذلك يمكن الاستدلال عليه من أن طول ضلع القاعدة ٧٥٥ قدماً و ٩٦ من البوصات ، وأن ميل الوجه المثلث على الأفق ١٤° ٥١' ٥١' .

توكيد الأساس الزمنى

من المعادلة السابقة أو من منحنى « الطاقة المبذولة » فى البناء نجد أن السنة الثامنة من العمل بدأت عند ما تم من الهرم ما ارتفاعه $\frac{1}{2}$ الارتفاع الكلى ، وأن البناء الذى تم فى هذه السنة رفع للدواميك بما قدره ٢٨ قدماً . وهذه الزيادة هى الواقعة بين الارتفاعين ١٨٤ قدماً و ٢١٢ قدماً فوق منسوب القاعدة ، وهى تمثل بالتقريب العمل الذى تم خلال السنة الثامنة عشر من حكم خوفو . وأنه فى هذا الجزء نفسه الذى تم فى تلك السنة توجد النقوش الوحيدة المعروفة للأورخ فى الهرم الأكبر (أنظر شكل ٨) . وهذه النقوش فوق كتل الحجر الجبرى الموجودة فى الحجرات التى فوق مخدع الملك ، وما هى فى الحقيقة إلا علامات تخطيطية لتحقيق شخصية الملك قام بها العمال فى المحاجر . وهى تذكر اسم الملك خوفو واسم نائبه فى الحكم ، ومؤرخة بتاريخ السنة السابعة عشر من حكم خوفو وهذا يوافق أن هذه الكتل الحجرية قد قطعت من الحجر فى السنة السابقة

لوضعها في مباني الحجرات الموجودة فوق مخدع الملك . ولم تكن هذه الكتل منتظمة كدمايك الهرم ، بل كانت مجموعة خاصة ذات حجوم متباينة قابلة لأن تنحوت وتسوى لكي تثبت ما بين السطوح السفلى لطبقات الروافد الجرانيتية الهائلة للتتابة التي تخفف من الضغط فوق مخدع الملك ، وبين سطوحها العليا للتباينة كل التباين . وليست هذه النقوش المنفردة هنا بحاجة لإثبات أن الكتل اللازمة لدمايك الهرم الأكبر كانت تقطع من المحاجر في السنة السابعة عشر من حكم خوفو ، ولكنها تدل عن طريق ذكر شخص الملك على أن محاجر الحجر الجيري كانت تستعمل بكثرة في أعمال البناء الأخرى غير الهرم الأكبر . ومهما كان أمر ذلك فإن بحثنا قد وضح أن كتلا خاصة قطعت من المحاجر في السنة السابعة عشر من حكم خوفو ، وأنها استعملت في بناء الهرم الأكبر في سنته الثامنة عشر بين للمستويين اللذين عينهما بحثنا كحدين لدمايك التي وضعت خلال هذه السنة .

وإذن فالبيانات الداخلية للهرم الأكبر تؤكد الأساس الزمني لبحثنا ، وتدل بشكل قاطع على أن الفترة التمهيدية ذات السنين العشرة ، التي ذكرها هيرودوت إنما انقضت في قطع الحجارة من محاجرها لند البناء بالحجارة التي تكفيه في الاثنتي عشرة سنة التالية . وذلك لأن للمعلومات التي قدمناها تدل على أن الكتل الكافية لثلث كتلة الهرم قد وضعت في السنتين الأوليين للبناء ، وأن هذه الكمية على الأقل لا بد أن تكون ميسورة قبل البدء في البناء . وما انتهت السنة التاسعة للبدء في البناء — وهي المقابلة للسنة التاسعة عشر من حكم خوفو — حتى كان نبي من الهرم ما ارتفاعه يساوي نصف الارتفاع الكلى ، وحتى كان قد بذل من الطاقة الآدمية الكمية ثلاثة أرباعها ، وحتى تم من البناء ما حجمه يعادل سبعة أثمان الحجم الكلى للهرم ، ومعنى هذا أن الكتل اللازمة لسبعة أثمان حجم الهرم لا بد أن تكون قطعت من المحاجر وأصبحت ميسورة للتناول

في السنة السابعة عشر من حكم خوفو لا بعدها .

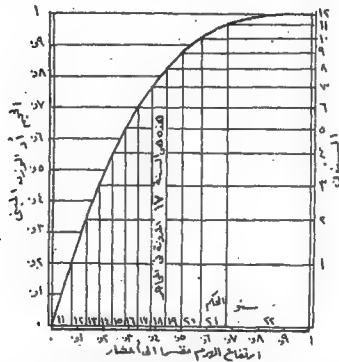
ومن ثم يتضح قطعاً أنه لا بد أن يكون البناء قد رتبوا نظاماً للبناء لكي يضبطوا به حجم وعدد الكتل ، اللازمة لكل المراحل المتعاقبة عند قطعها في المحاجر . وبمارة أخرى أن الطلب قد وضع تصميمه على مراحل متعاقبة ليفي بمراحل البناء المتعاقبة أيضاً . والبينة على هذه العلاقة بين سرعة الطلب وسرعة العرض كأنه في مراحل البناء خلال السنين السبعة الأولى لم يزد عدد المداميك ولم ينقص عن ١٠ وفي نهاية السنة الثامنة تم ٨٢ مدامكا — أى بزيادة مدامكين عن المتوسط في السنة وقدره ١٠ مداميك . وفي هذه المرحلة تم بناء خمسة أسداس حجم الهرم ، ومن هذه المرحلة فما بعد زاد عدد المداميك البنية في السنة زيادة عظي .

العرض والطلب

لقد أدى بنا البحث في هذه المرحلة الى الدخول في مسائل العرض والطلب الخاصة بالهرم . ووسيلتي الرئيسية في تحرى سرعة العرض أن أبحث دلائل سرعة الطلب . وهذه الدلائل ميسورة عن طريق المناسيب الثابتة في بناء الهرم والتي حصل عليها في شغل كل من سفى البناء للمتاقبة . وقد اتخذنا الطن — قدم وحدة البناء ، وكذلك اتخذنا وحدة العرض الطن أو القدم للكعب ، أو أية وحدة أخرى للوزن وغيرها للحجم . ويصح أن نعتبر الوزن الكلى أو الحجم الكلى للهرم واحداً صحيحاً ، فيكون التقدر الذى تم من البناء في كل سنة كسراً من الوزن الكلى أو من الحجم الكلى .

وعلى ذلك يمكننا الحصول على منحنى المراحل للمتاقبة للوزن أو الحجم الذى تم بناؤه كما حصلنا على منحنى الطاقة للبذولة ، وذلك باعتبار أن الوزن الكلى أو الحجم الكلى للهرم واحداً صحيحاً وأن ارتفاعه واحداً صحيحاً أيضاً (شكل ١٤) فتكون معادلة للنحنى كما يأتى : —

نسبة ما تم بناؤه من الوزن (أو الحجم الكلى) $= 1 - \frac{1}{2}$ بفرض أن $h =$ من الارتفاع التام (الفروض أنه واحد صحيح) الكسر الذى لم يتم بناؤه بعد حتى القمة . فكما سبق يكون $1 - h =$ من الارتفاع التام الكسر الذى تم بناؤه . ويمكن الحصول على مناسيب العمل فى السنين المتعاقبة من منحنى الطاقة المبثولة .



شكل (١٤) لبيان الأوزان الرفوعة لاقامة بناء الهرم الى المناسيب المتعاقبة

وحينما يكون قد بنى من الهرم $\frac{1}{8}$ ارتفاعه تكون $h = \frac{1}{8}$ ويكون قد تم بناء ما وزنه أو حجمه يساوى ٣٣٠ . من الوزن أو الحجم الكلى للهرم . وهذا يقل عن ثلث الوزن أو الحجم الكلى بمقدار قليل ، ويكون هذا التقدير قد بنى ، كما هو ظاهر من الرسم ، فى ظرف سنتين . وكذلك إذا بنى الهرم الى $\frac{1}{4}$ ارتفاعه تكون $h = \frac{1}{4}$ ويكون قد تم بناء ما وزنه أو حجمه يساوى ٤٨٨ (النصف تقريباً) من الوزن أو الحجم الكلى . وهذا التقدير قد بنى ، كما يتضح من الرسم ، فى ظرف $3\frac{1}{2}$ من السنين .

إخال أن هذين الثلثين كافيان لبيان السبب الذى من أجله قد خصصت ١٠ سنين للأعمال التمهيدية قبل البدء فى البناء القملى . ولكن ربما كان فى إيراد للثلث التالى توضيح أكثر . يدل الرسم على أن ثلثى الوزن أو الحجم الكلى قد تما فى ظرف $\frac{5}{16}$ من السنين . ومعنى هذا فى الحقيقة أن قطع الأحجار كلها قد تم خلال الخمس عشرة سنة الأولى من حكم خوفو . ولكن محاجر الحجر الجيرى هذه قد شغلها بناء سابقون للأهرام . ولم توجد فتحة كبرى فى المحاجر ، بل إن إيراداً ثابتاً ~~أمكن الوصول عليه~~ عملياً من ابتداء قطع الحجارة . ومن ثم يتضح قطعاً أنه إذا كان ثلثاً حجم الهرم قد بنى فى ظرف $\frac{5}{16}$ من السنين إلى ارتفاع ١٢٤ قدمياً أى $\frac{1}{16}$ الارتفاع الكلى ، كما يدل عليه الرسم ، فإن نفس هذا المقدار من البنى يمكن قطع الأحجار اللازمة له فى نفس الزمن . وهذا أرائنا نوازن فقط بين قطع الأحجار وتناولها فى المحاجر وبين نحتها وإصلاحها (توضيحها) للحجم المطلوب فوق الهرم ، ثم رفعها ووضعها ، ثم إدخالها وتشيقها فى مكانها فى الهرم ، دون أن نبر مسألة نقلها من المحاجر إلى الهرم التفاتاً . على أن سرعة قطع الحجارة التى تعدل نسبياً سرعة البناء إلى الارتفاع المذكور — فقطع الحجارة هى فى الحالتين — تدل على أن جميع الكتل الحجرية اللازمة للهرم قد قطعت من المحاجر فى ظرف $\frac{1}{8}$ من السنين . وعلى ذلك فالدة التمهيدية ذات العشر سنوات التى ذكرها هيرودوت تبدو ملائمة لقطع الحجارة اللازمة للهرم الأكبر . والمعنى الذى يمكن استخلاصه من ذلك . أن غالبية البنائين الحاذقين وغيرهم من مهرة الصناع الذين عسكروا أخيراً عند مقر الهرم اشتغلوا فى المحاجر قبل أن تبدأ عمليات البناء .

ولهذه المناسبة أقتطف العبارة الآتية من الخطاب للزورخ ٦ يناير سنة ١٩٢٩ الذى كتبه الأستاذ جون جودمان ، عضو معهد المهندسين المدنيين ، رداً على بعض استفسارات وجهتها إليه ، والأستاذ حجة فى المسائل والطرق الميكانيكية

للمعلقة بقدماء المصريين . قال « لقد كانت من حسن حظي أن تعرفت بالسير بنجامين بيكر Sir Benjamin Baker ، الذى له خبرة كبيرة بالأمور الهندسية فى مصر . ولطالما تناقشنا سوياً فى مسائل الأهرام . فذات مرة وهو فى طريقه الى الولايات المتحدة أجرى حسابات مبنية على معرفته بالصناع المصريين فى الوقت الحاضر ، توصل منها الى أن رأى هيرودوت القائل باستغال ١٠٠٠٠٠ عامل ثلاثة أشهر فى السنة لمدة عشر سنين صائب معقول لقطع الحجارة من الحجر ثم نقلها الى المهوم عبر النيل . »

معالم النقل Transportation Data

تقع بحاجر الحجر الجيرى التى أخذت منها جميع الاحجار اللازمة للمهرم الأكبر فى الضفة الشرقية للنيل فى مقابلة هضبة الجيزة التى يقوم عليها الهرم الأكبر وعلى مسيرة ٧ أميال تقريباً فوق النهر . وقد نقلت الحجارة عبر النيل على زوارق أو أطواف زمن الفيضان أى حينما يكون عرض النهر ٥ أميال . ولكن مناسيب النيل تدل على أن فترة النقل زمن الفيضان محدودة تبدأ فى أوائل أغسطس وتنتهى فى أوائل نوفمبر . فعلى تزايد قليلاً عن ثلاثة أشهر ، فالدة من أوائل أغسطس الى أوائل نوفمبر من كل سنة هى مدة النقل بواسطة فيضان النيل ، وفى هذه المدة يستخدم عدد كبير من العمال الإضافيين الغير حاذقين . وهى تنطبق على النصف الثانى من فترة المجموع فى النشاط العادى للسنة التى تبدأ من أول مايو ، حيث انتهى الحصاد ، الى أول نوفمبر حيث يبدأ رعى البذور فى الأرض الطمينة العارية التى تركتها مياه الفيضان . ويشتمل هذا النصف الأول من فترة المجموع فى النشاط على ثلاثة أشهر من فصل الحرارة ، أى من أوائل مايو الى أوائل أغسطس ، حيث لا يكون من المستحسن ولا من الوجهة الاقتصادية استخدام عمال غير حاذقين . يقول هيرودوت « ان ١٠٠٠٠٠ عامل كانوا

يستعملون باستمرار ، وكانوا يستبدلون بغيرهم كل ثلاثة شهور . « ويفسر بترى هذا القول بأنه ينطبق على فترة الشهور الثلاثة حينما يستخدم فيضان النيل للنقل ، ويلاحظ أن سير بنجامين يكرر يرى هذا الرأي .

وإذن يتضح أن السنة الزراعية عند قدماء المصريين تبدأ بموسم البذر في أوائل نوفمبر ، وأنه في عصر الأهرام كانت السنة في تقويم المصريين ٣٦٥ يوماً وأنها تبدأ في هذا التاريخ . وقد ثبت ذلك عن طريق التواريخ التي كتبت في الحجر فوق كتل هرم صفرو ، وكلها واقعة في فترة السنة الشهور بين نهاية الحصاد وبدء البذر من جهة وبين فيضان النيل الذي يقع دائماً في سبتمبر أو أكتوبر من جهة أخرى . وقد تحدد ذلك بالسبعة والستين يوماً الأخيرة في السنة الأولى التقويمية من حكم الملك نرار يكارا Neferarikara وقد كان حكمه بعد بناء الهرم بنصف قرن . فتدل هذه الحقائق المذكورة على أنه خلال الوقت الذي كان يبني فيه الهرم الأكبر بدأت سنو حكم الملك خوفو للدونة في نوفمبر . ومعنى هذا أن كتل الأحجار كانت تنقل في النيل خلال الشهور الثلاثة الأخيرة لكل سنة من سى الحكم للفتالية ، وإن لم يكن من المستطاع لذلك استعمال هذه البكتل في بناء الهرم في نفس السنة التي كانت تنقل فيها .

ويقول بترى بخصوص ما قاله هيرودوت « يلاحظ أن فترة الشهور الثلاثة ذكرت فقط مرتبطة بنقل الحجارة لا بقطعها أو بنائها . ويحتمل في هذين الأخيرين أن يكون اشتغل عدد كبير من مهرة البنائين ، ولو أنه كان يساعدهم عدد وافر من العمال غير الفنيين ، وهؤلاء يستخدمون في أعمال الرفع والنقل المجهد ، خلال الأشهر الثلاثة عند ما يكون سكان الوادي خاليين من العمل . »

كل هذا يدل على أن تنظيم العمل غير الفني ، وترتيب تسلسل العمل في نقل الكتل الحجرية عبر النيل ، كانا عند بناء الهرم الأكبر المسألة الكبرى .

مسألة النقل

ان مسألة النقل يمكن قرئها الى الفهن على خير ما يمكن يبحث مقدار العرض الذى يمكن الحصول عليه قبل البدء فى الهرم الأكبر ، وخلال سنى البناء الأولى . ولقد قدرنا الوزن الكلى للهرم الأكبر بما يقرب من ٦ مليون طن . وتم وضع ثلث هذا القدر فى سنتين الأوليين للبناء . وتم وضع ثلثى هذا القدر فى منتصف السنة السادسة من بدء البناء . ومعنى هذا أنه كان لابد من تقديم مليونى طن من الكتلة الحجرية قبل البدء فى البناء ، وأنه لا بد أن تكون على الأقل أربعة ملايين طن من الكتلة ميسورة عند مقر الهرم عند بدء السنة الخامسة من البناء . وهذا المقدار الأخير لابد أن يكون قد سلم قبل نهاية السنة الرابعة من الحكم . ومعنى هذا أن الوزن الكلى قد تم تسليمه عند مقر الهرم فى ٢١ سنة ، أو أن $\frac{1}{3}$ هذا الوزن قد تم تسليمه فى ١٨ أو ١٩ سنة . ومع ذلك فقد تم عند نهاية السنة التاسعة عشر بناء $\frac{1}{3}$ الهرم ، وهذا يستلزم تسليم الكتلة عند المقر فى نهاية السنة السابعة عشر . وذلك يدل على أن متوسطاً فى معدل التسليم قدره $\frac{1}{3}$ مليون طن فى السنة كاف لنقل جميع الحجارة اللازمة الى مقر الهرم عند نهاية السنة الثامنة عشر ، التى عند تمامها يكون قد بنى من الحجارة ما زنته ٥ مليون طن ، وأن ما بقى دون بناء هو مليون طن . ولما كان متوسط وزن الكتلة فى الهرم حوالى $\frac{1}{3}$ من الأطنان فيكون عدد الكتلة المنقولة خلال فترة الفيضان البالغة ٣ شهور هو حوالى ١٣٠٠٠٠ كتلة فى المتوسط . ويتفق هذا مع رأى بترى القائل بأن ١٠٠٠٠٠ عامل يمكن أن ينقلوا ١٢٥٠٠٠ كتلة ، زنة كل منها فى المتوسط $\frac{1}{3}$ من الأطنان ، عن طريق النيل خلال هذه الفترة . يقول بترى « ان طريقة استخدام العمال غير الفنين هذه فى الأعمال العامة عند ما تنصر مياه الفيضان الأرض ، وعند ما يتمذر العمل الخاص ، وعندما يكون

النيل في أحسن حاله للثلاثة للنقل ، هي الطريقة الأكيدة للتبعية في كل أعمال المصريين العظيمة ؛ وقد تساعد غرابة هذه البلاد كثيراً في تفسير كفاءة أهلها لإنجاز الأعمال العظيمة العامة . »

ولمّا نرى أن ما لدينا من البيانات التقليدية عن الوسائل المستخدمة في بناء الهرم الأكبر يتطلب شروطاً لعرض العمل ، وهذه الشروط غير عملية بناتاً في بلد كصر ، فهي قد تكون مضيعة لرخاء البلاد أو ظالمة للناس ، ولكنها في الوقت ذاته تكون كافية بسهولة وسخاء لإنهاء العمل كله . »

« وبجانب هذه الجيوش من الأيدي غير الحاذقة لابد أن يوجد عدد أصغر من البنائين يستخدمون باستمرار في قطع الأحجار وفي إصلاحها وتركيبها في الهرم . ومن المعلوم أن يظل إيراد سنة من الحجارة في متناول الأيدي بجوار الأهرام ، فيقوم البنّاءون بالعمل فيها . . . »

« ويمكننا حدس عدد البنائين الحاذقين من وسائل الراحة التي أعدت لهم في التكنات خلف الهرم الثاني . وقد استعمل عمال خفر هذه التكنات ؛ ولكن لابد أن يكون عمال خوفو ، وهم لا يقاومون هؤلاء عدداً ، قد شغلوا مساحة مماثلة إن لم يكونوا في الواقع قد شغلوا نفس هذه التكنات التي وسعت بسهولة ٣٦٠٠ أو في ٤٠٠٠ عامل . ولما كان متوسط المطلوب سنوياً ١٢٠٠٠٠ كتلة لأعدادها كل سنة فانه يتضح أن كل كتلة من هذه الكتلة تجهز في شهر بواسطة مجموعة من الرجال عددهم أربع^(١) ، ولعل هذا هو عدد البنائين الذين كانوا يشتغلون معاً . ومن ثم فإن وسائل الراحة هذه هي في الحقيقة أكثر من اللازم ، فيحتمل كثيراً أن إن يتم جزء كبير من أعمال الرقع والبناء طول السنة بجانب أعمال النقل خلال زمن الفيضان . »

(١) لعل المقصود ٤٠٠٠ عامل لا ٤٠٠٠ حتى يكون الحساب مضبوطاً .

احداد المرفع

قبل الانتقال الى بحث مسألة كيفية رفع السكتل الى أعلى الهرم سنبحث في العمل المبذول في إعداد الموقع الذى سيقام عليه البناء . وإليك قول هيرودوت الشيق بهذا الصدد قال « ان الحجرات التى ايقناها كيوبس تحت الأرض قاصداً أن تكون أقبية لاستعماله الخاص قد بنيت فوق بقعة أشبه بجزيرة يحيط بها ماء النيل الوارد منه خلال قناة . » وهذه البقعة الأشبه بجزيرة هى ذلك القلب الصخرى الطبيعى المذكوك الذى بينت فى رسالتى السابقة أنه قصد به أن يكون نواة « للعقد المنبسط » لمقاومة التشويه بسبب الهبوط . أما « ماء النيل » فقد رفع الى حيث بناء الهرم بقصد تسوية منسوب البناء . وهذا بطبيعة الحال يحمل سطح قاعدة الهرم موازياً لمحدب سطح الأرض ، وقد ذهب بعض الذين كتبوا على الهرم الى أن هذا العمل يئنه قاطعة على أن قدماء المصريين كانوا يعرفون تكور سطح الأرض . وتسوية المنسوب فى الحقيقة مضبوطة جداً ، ولكنها ليست من الدقة بحيث يستطيع الواحد منا أن يقول انها تتبع انحناء تكور الأرض . ولتحديد قطرى قاعدة الهرم الأكبر جفرت عند كل رأس من رؤوس القاعدة الأربعة تقرة على شكل متوازى مستطيلات ، وجعل فى كل تقرة الزكن الأبعد عن مركز القاعدة محداً للنقطة التى يمر بها أحد القطرين . وقد أثبتت مصلحة للمساحة المصرية أن الزوايا التى بين القطرين المحددين بهذه الطريقة تزيد أو تنقص عن الزاوية القائمة بمقدار ١٨ ثانية ، وأن موقع القاعدة الحالية ينحرف عن الجهات الأربعة الأصلية الفلكية بزاوية قدرها ٣ دقائق و ٦ ثوان . ولا يفوتنى أن أذكر وأنا فى هذه اللوحة من البحث أننى فى حسابى لم أستنتج محمداً كتلة الصخرة القلبية المذكورة من كتلة الهرم الكلية . فثل هذا الحساب لا يؤثر تأثيراً محسوساً فى الاعتبارات المتعلقة بوزن البناء وبالطاقة المستنفدة فيه .

وفضلاً عن هذه الاعتبارات فإن الشغل للبذول في تبليط القاعدة والذي يبلغ عمقه في المتوسط ٢٠ بوصة يسدل (ويزيد) ذلك القدر الضئيل من العمل المتوفر بإدخال ذلك القلب الصخري في الهرم . ولا يخفى أيضاً أن مدى القلب الصخري للدكوك وأبعاده غير معرفة معرفة تامة .

نظرية البناء بالبحر المردوم

للسؤال التالية تخص عملية البناء ذاتها في الهرم الأكبر . لقد رأينا أن عدد السكتل الحجرية بالتقريب $\frac{2}{3}$ من الملايين . وأن وزنها السكلي بالتقريب ٦ مليون طن . وقد أدى بحثنا إلى أن هذا البناء الهائل قد تم في ١٢ سنة . فكيف عمل ذلك ؟ ان النظرية الشائعة لأكثر من ٢٠٠٠ سنة تقول ان البناء عملوا ردماً مائلاً حول الهرم ، وهذا الردم كان يُعلَى كلما ارتفع بناء الهرم . وقد صنع أحد المؤلفين الألمان رسماً منظوراً به بيان ردم من الرمل ذى جوانب رأسية . وتظهر من وقت لآخر في كتب الأطفال ومجلاتهم صور جميلة لمثل هذا الردم . ولكن الرمل هو بالطبع المادة الوحيدة الميسورة في الجيزة لعمل طريق كبير من الردم . غير أن زويزة واحدة — وهى إحدى الظواهر العادية في مصر — تدمر في ساعة واحدة بمجهود شهور أو سنين ، وعدا ذلك فإن أى طريق أرضى مردوم يستلزم أن يكون عرضه ٢٠ قدماً ، ويستلزم وجود منحدرات جانبية بنسبة ٢ في الاتجاه الأفقى إلى ١ في الاتجاه الرأسى على الأقل . على أن إنشاء مثل هذا الطريق الذى ميله أكبر من ١ إلى ٧ عديم الفائدة ، فضلاً عن أن سطح الطريق يستلزم الرصف والتبليط بعد مضي زمن على ركوز الردم . وهذه العملية تستلزم رفع السطح ، أى تعلية الردم ، فترك التعلية إلى أن تركز وتستقر . ثم ان سطح الطريق يجب مده وتمهيده لكل مرحلة آتية من مراحل البناء . ومع ذلك فلنطرح هذه الاعتراضات جانباً لنرى النتيجة التى تكشف عنها نظرية الردم التى اذا ما اتبعت منطقياً

أدت الى نتائج غير منطقية .

فلكى يؤدى الطريق الفرض للقصود منه يجب أن يصل ارتفاعه على الأقل الى ٣٥٠ قدماً عند الهرم . ويجب أن يمتد هذا الطريق من الشرق ، وأن يغير منحدره الجانبى من الجهة الشمالية الطرف الصخرى لهضبة الجيزة الى السهل الرملى الذى تحتهما بنحو ١٥٠ قدم . وعلى ذلك فالمنحدر الشمالى للطريق الجسرى هذا يمتد فى اتجاه أفقى ناحية الشمال مسافة ٩٠٠ قدم ، ويمتد المنحدر الجنوبى فوق الهضبة ناحية الجنوب مسافة ٧٠٠ قدم ، معطياً بذلك ما يقرب من ثلث ميل لعرض مقطع قاعدة الطريق . وقد ينهار كل من منحدرى الطريق على الوجهين الشمالى والجنوبى للهرم مالم تحمهما جدران جانبية ضخمة . وعند قاعدة الهضبة من ناحية للمر الشرق ، يجب على الأقل أن يكون ارتفاع الطريق ١٩٠ قدماً ، وأن يكون عرض مقطع القاعدة ٧٨٠ قدماً . وإذن يكون طول الطريق نصف ميل على الأقل ، ويستغرق العمل اللازم لبناء هذا الطريق ، ثم لقطع الأحجار ونقلها وبناء فى الهرم ، ثم إزالة هذا الطريق الأثرى الذى يدفن تحته الهرم وماجاوره ، ٦٣ سنة وهو الزمن الذى عمره حكم الملك خوفو حسب قول مانيتو . وهذا هو الفضل الوحيد الذى أحرزته نظرية البناء بالردم — وهو أنها تتفق مع مدد الحكم الطويلة التى ذكرها مانيتو خاصة بالملوك الذين بنوا أهرام الجيزة . على أن مسألة أن بنائى الهرم قد أزالوا كل ما تركوه من زوائد وشظايا فوق حافة الصخرة الشمالية لهضبة الجيزة تدل على أنه لم يبق شيئاً جسر مائل من الردم ، لأن هذه الزوائد والشظايا ما كان يمكن تجميعها لو أن هذا الجسر الردمى وجد أثناء بناء الهرم .

وعلى ذلك فباطراح نظرية البناء بالردم هذه لا يصح أن تطرح أيضاً فكرة ممكنة البناء بواسطة المستويات المائلة . فإن لقاعدة الرض بطريق المستوى المائل تطبيقات كثيرة ، وواضح أيضاً أنها أصل نظرية طريق الجسر المردوم التى ظلت قاعة يتناولها الرواة من الماضى البعيد ، حتى لقد صار من اللاغو بعد ما ظهر من

البيئات أن نتجاهل مكنة أن كتل الهرم قد رفعت بهذه الطريقة .

ومع ذلك فإن يرى يحدثنا في كتابه « الفنون والصناعات عند قدماء المصريين » بأن جسوراً من التراب قد بنيت لأقامة للسلات والتماثيل الكبيرة .
واليك ما قاله : —

« كانت تنقل السلات على زوارق كبيرة كما هو ظاهر من النقوش . وقد فُسرَت طريقة رفع مثل هذه الأحجار عن طريقة إقامة تمثال رمسيس الرابع . وذلك أنه عمل جسر منحدر من الأرض يبلغ طوله ربع ميل . ويبلغ عرضه ٩٥ قدماً ، وكان ارتفاع للنحدر ١٠٣ من الأقدام ، ويحتمل أن يكون من هذا الارتفاع ستون أو سبعون قدماً في الاتجاه الرأسى قد دعمت بالخشب وجذوع الأشجار . والغرض من ذلك ، كما هو واضح ، رفع الكتلة الكبيرة وذلك بزلقها على جانبها إلى أعلى للنحدر ، ثم إمالتها بعدئذ فتقع من أعلى للنحدر منتصبه متقادة للجاذبية . أما كيف تدار الكتلة فلا نعلم عندهم شيئاً ، وإنما أسهل طريقة ممكنة لذلك هى إزالة التراب من تحتها تدريجياً . ثم بذلك الأرض أسفل للسلة مرة أخرى ، وهى موضوعة فوق اللينحدر ، يمكن عملياً دفنها لكي تكون فى وضع معتدل . »

وتمطى معالم يرى هنا ميلاً للطريق قدره ١ فى ٢٠ فاختيار مثل هذا الميل لجسر من التراب يعتمد الى ارتفاع قدره ٣٥٠ قدماً من الهرم — مضافاً إليه ارتفاع الصخرة وقدره ١٠٠ قدم — يعطينا طريقاً طوله $1\frac{1}{2}$ من الأميال .

النظام والآلات

الآن وقد أثبتنا استحالة نظرية البناء بالجسور المردومة يجمل بنا أن نقول أن أية نظرية أخرى تستلزم استخدام أى نوع من أنواع القوى ، خلاف قوة الانسان ، لرفع أو حمل كتل الهرم الحجرية غير مقبولة أيضاً . فكل البيئات تدل بشكل

قاطع على أن قدماء المصريين كانوا دائماً يعتمدون في أشغالهم على مجهود العضل
للإنسان ، فاختاروا لذلك أبسط القواعد لليكانيكية في تحريك السكتل الصغيرة
الكبيرة ورفعها — ومن هذه السكتل ما هو أكبر كثيراً من السكتل المستعملة
في الهرم . والبيئة أيضاً قاطعة على أنهم ما اختاروا قط غير أبسط الوسائل والحيل
الميكانيكية للاستعانة بها مع مجهودهم الأدنى . وهذه الوسائل تشمل على الرافعة
والزلاقات والمستوى اللائل . يقول سير جاردنر ولكنسون Gardener Wilkinson
« ان المصريين لم يكونوا جاهلين بأمر البكرات ، فقد وجدت بالفعل واحدة في
مصر ، وهي الآن (سنة ١٨٥٣) في متحف ليدن . وقد أريد بها ، على ما يبدو
منها ، أن ترفع الماء من بئر . جوانبها من خشب الترمسك tamariks ومحورها
من خشب القنوب ، وهو نوع من الصنوبر ؛ وقد وجد معها في نفس الوقت
حبلها المجدول من ألياف النخيل . » وهذه البكرة ، كما هو ظاهر ، من مخلفات
عصر أحدث من عصر الأهرام . ولكننا حينما نفحص البيئات في جميع أزمنة
التاريخ المصرى نجد ان القواعد الميكانيكية التي أخذت فيما بعد عن عصر الهرم ،
والتي تقدمت في التفاصيل في هذه الأيام المتأخرة ، لم تطبق مع ذلك تماماً في
الأعمال الانشائية المتأخرة . ولقد وجه النظام مبدئياً في عصر الأهرام الى الوحدة
الآدمية على اعتبار أنها المنصر الأكثر حيوية في دولاب العمل . وقد وجهت
المجهود وتركزت في أمر واحد هو استخدام الأداة الآدمية للنظمية استخداماً نافعاً
وتطبيقها على أبسط القواعد لليكانيكية . ومثل هذه التطبيقات قد صُممت ،
كما استخدمت ، مراعاة لحالة البساطة الفطرية وبقصد مساعدة مجهود السكتل
بتجنب العمليات المعقدة . وقد نجد مثلاً لذلك في تنظيم الجيوش لكسب الحروب
فإن الروح العامة للمعنوية في الجيش هي التي تبت في مصير الحروب ، وهذه الروح
العامة للمعنوية أيضاً لابد أن تنظم .
وعلى ذلك نرى في الأزمنة المصرية المتأخرة أنه لما زادت العناية بأكمال

القواعد والوسائل فإنها قلت من حيث تنظيم الأداة الآدمية ، سواء كان التنظيم من الناحية الجماعية أو من الناحية النفسانية . وكنتيجه لذلك لا يمكن أن نرى في أى فترة متأخرة من التاريخ للمصرى مثل تلك التماثيل العظيمة أو مثل تلك الدقة فى الصنعة التى أبدتها الأعمال التى تمت فى عصر الهرم ، على الرغم من أن التطبيقات الميكانيكية فى عصر الهرم كانت من أبسط التطبيقات . وهنا علينا أن نعرف أن سنة ١٠٠٠ قبل الميلاد فى التاريخ للمصرى قد فصلت عن عصر الهرم بثلاث فترات غزو وفوضى أجنبية ، وبثلاث فترات لانتماش الوطنية للمصرية . فمن هذا نعلم أن الاختراعات الميكانيكية قد ظهرت بين ركام عصر سابق ، مع أن سبيل التنظيم وروحه قد فقدتا تماماً ؛ وأن كل عصر لابد منتج لنفسه خاصة روح تعبيري ووسيلة تنظيم . وهنا أرى أننا نعتدى على ذلك المدى الخاص الذى ، فى أيامنا هذه ، قد خططه السياسى على أنه ملك خاص له ، وعلى أنه « مرتع الصيد السعيد » لأولئك الذين يعينهم فى لجان التحقيق — إما بطريقة حتمية وإما بطريقة غير حتمية كما هو الأغلب — للبحث فى اعتبارات العمل ونظامه للمتعلقين بمجبل حضنى أو بمجبل يفضى بسرعة .

الحمل أو الفجر

لقد رفع من السكتل فى الهرم الأكبر ما عددها $2\frac{1}{2}$ من المليون الى مواضعها وقد أخذت فى هذه المواضع ووصلت بواسطة القوة الآدمية فى ظرف ١٢ سنة ، وذلك باستخدام القواعد الميكانيكية البسيطة و: مساعدة أبسط الاختراعات الميكانيكية . أما كيف ان ذلك قد تم فلا يزال محتاجاً لتحقيق . وبلغ وزن كل من غالبية السكتل المستعملة مداميك فى الهرم ما بين طنين وثلاثة أطنان . وأثقل كتلة فى مداميك القاعدة لا تتعدى ٢٠ طناً . وقد يكون من بين المداميك الأخرى المعيقة ما يتألف من كتل زنتها من ١٠ الى ١٤ طناً ، ولكن العدد الأكبر من

الحجارة كان يقل عن ٥ أطنان في الوزن للحجر الواحد .

وهذه المناسبة ورداً على بعض أسئلة وجهتها الى الأستاذ جون جودمان كتب الى يقول : —

« ان معظم الحجارة لا يزيد الواحد منها في الوزن عن ٢ الى ٣ طن . وهذه يمكن حملها بسهولة بواسطة جماعات من العمال . ولقد رأيت بنفسى حجارة تجعل بهذه الطريقة في خزان أسوان ، وقد أخبرنى سير مردخ مكدونالد أن الحد النهائي لوزن الحجر الواحد حوالى ٥ أطنان . ويستحيل أن ينتج العدد الكافى من العمال في نقل الكتل الاكبر من ذلك وزناً . وقد حدثنى بعض الاخوان في الهند بأن الاهالى يحملون الكتل الحجرية بمثل هذه الوسائل الى أعلى الجبال ذات المنحدرات التى تكاد تكون رأسية . ومن ثم أرى أن الجانب الرئيسى من كتل الهرم قد حمل في الغالب بنفس هذه الطريقة فيها . يمكن تناوؤها بسهولة وسرعة . »

« ... ويوجد مع ذلك كثير من المواضع على جوانب الهضبة الصخرية التى بنيت الأهرام فوقها حيث الصخر قد تحدد بأخاديد ملساء فوق سطح الأجراف — وحيث يحتمل أن تكون هذه الأخاديد للمواضع التى سحبت فوقها الحجارة ... »

وتدل العبارة الأخيرة للمقتطفة على أنه اذا كانت الكتل قد جُرت فوق الأجراف فعلى من باب أولى يمكن جرها بسهولة الى أعلى جوانب الهرم في طرقات وقتية ملائمة للزلق أو على منزلاقات وضعت على منحدرات ممهدة صاعدة عبر أوجه الهرم .

ثم قال الأستاذ جودمان « وهناك عدا ذلك مسألة تختلف عن هذه كل الاختلاف ، وهى مسألة رفع الكتل الجرانيتية الكبيرة فوق مخدع الملك — وتبلغ زنة كل منها حوالى ٥٠ طناً . وهذه على ما أعلن ، وكما أشار بترى ، قد دفست

الى أعلى بالجزء والامالة rocked up ، فعلى هذه الكتلة توجد علامات لأربع شفاة lugs ؛ وهذه الشفاة أو النتوءات قد قطعت ، ولكن العلامات الخلفية للمقابيل الناقبة باقية هناك ، وظاهر ان هذه العلامات عملت حينما كان الحجر خاماً . وقد قطع الحجر المحيط تاركا هذه الشفاة النائية . ولما كانت الكتلة تمال وتدفع على اثنين من هذه الشفاة (التي كانت كأنها محاور ارتكاز) فقد كانت تولى خواير برزنية تحت الشفتين الآخرين ثم تدفع الكتلة ثانية وهكذا . وفي ذات مرة استطاع بترى ورجل آخر في بضع ساعات أن يرفع (بهذه الطريقة) كتلة وزن ٨ أطنان حتى يتمكن بترى من الزحف تحتها وفحص علامات الأزميل . وإذا قلنا ان هذه الشفاة لم تستعمل لهذا الغرض فلا نرى غرض اذن عملت ؟ وهى بالطبع كانت تزال عند ما تصل الكتلة الى مقرها . »

وما قاله بترى في هذا الصدد أيضاً مؤيد له . ففي كتابه « الفنون والصناعات عند قدماء المصريين » قال :

« عند ما كان يستلزم الأمر رفع الحجارة الى أعلى هرم أو الى أعلى صرح كان يحتاج الى عمل مصالات . ولا تزال ترى بقايا منحدر كبير من اللبن مقابل كل وجه من وجوه الصروح التي لم تتم وللموجودة في الكرنك . فهذا المنحدر هو الكتلة الوحيدة العامة للمصالات ، أما الدرج الحقيقي للحجارة فلا بد أن يكون من الحجر لأن اللبنة تنسحق اذا ما استعملت وسائل الرفع فوقها مباشرة .

« وللكتل الصغيرة كانت تستعمل أرجوحة من الخشب ، وقد وجد لهذه الأرجوحة كثير من النماذج في رواسب الأساس مع نماذج أخرى من العدد والادوات . وبامالة هذه الى أحد طرفيها ثم وضع خابور تحتها فانه يمكن دفعها الى أعلى المنحدر ، وبهذه الطريقة ترفع تدريجياً ، أولاً لأحد الطرفين ثم للطرف الآخر . أما في حالة الصخور الكبيرة فيحتمل أن يكون الرفع حدث بالجزء والامالة ولو أن راقداً حمل على خازوقين بالقرب من الوسط فان قوة صغيرة تكفي لزعزحته

عن أجدهما ؛ وعند رفع هذا الخازوق فإن الرافد يمكن زحزحته من الناحية الأخرى ثم يرفع الخازوق السفلى بدوره . وإذن فيالهرز والامالة من خازوق لآخر يمكن بسرعة رفع الرافد الى ارتفاع يكفى لزحزحته الى الدرجة التالية من المدرج . وعلى ذلك فيحتمل أن تكون الروافد الجرانيتية الحقة والسنتين ، والتي تبلغ زنة الواحد منها ما يزيد عن خمسين طناً ، قد رفضت بهذه الكيفية في هرم خوفو . »

وما دام تطبيق قاعدة المستوى للثال ، التي قال بترى انها اختيرت في اقامة صروح الكرنك ، محتملاً ايضاً بصيغة ما في بناء الهرم الأكبر ، فانه يستحيل أن تصور أن $\frac{1}{2}$ ٢ من ملايين الكتل في الهرم قد رفضت بتلك الطريقة الشاقة المذكورة ، طريقة الهرز والامالة . فهذه الطريقة تستلزم اقامة الهرم في ظرف ٦٣ سنة التي نسبها مانيتو لخوفو ، ولكنها لا تستلزم اقامته خلال الاثنى عشرة سنة التي تحققت من بحثنا الحالي . على ان المصريين الذين أمدوا للورخ هيروودوت بما ذكره من المعلومات عن اقامة الهرم الأكبر ذكروا ان الهرم بنى بهذه العملية الشاقة لرفع الاحجار ، وعلى ذلك قدروا حكم خوفو بأنه ٥٠ سنة . ورواية القرن الخامس قبل الميلاد هذه مستندة ، كما يظهر ، على طريقة بناء تلك الصروح التي لم تتم في الكرنك ، وعلى طريقة اقامة تمثال رمسيس الرابع في القرن الثاني عشر قبل الميلاد . لقد خاط هيروودوت ، كما هو ظاهر ، بين روايتين منفصلتين منسوبةتين اليه ، من حيث تعاقب اللوك ومن حيث ما هو منسوب اليهم من الاعمال . فهو يقول بوجود ملك اسمه رمسيس سبق خوفو في الحكم ، مع أن اسم رمسيس لم يظهر في مصر الا بعد خوفو بما يزيد عن الف سنة .

التدليل على الهرم

رأينا الى الآن أنه توجد طريقتان مدونتان بخصوص كيفية رفع الأحجار عند قدماء المصريين . إحداهما تقول برفع الأحجار صغيرة كانت أو كبيرة

بطريق الهز والامالة ثم وضع الخواوير ، وتقول الثانية بحجر السكتل الثقيلة فوق منحدر . وكل من هاتين الطريقتين للدوتين كانت تشتمل على منحدرات مؤقتة . وأولاهما لا تكفى لاقامة الهرم الأكبر خلال حكم خوفو المعروف . وعلى ذلك فأمامنا فقط طرائق الرفع بواسطة حمل الأثقال فوق منحدرات مؤقتة ، أو رفعها بسحبها فوق منحدرات مؤقتة . وقد رأينا في حالة الحل أن لا يزيد الحمل عن ٥ أطنان . وقد رأينا أيضاً أن كثيراً من صخور اللداميك في البناء الى ما يزيد عن نصف ارتفاعه أكبر من هذا وزناً ، مع أن غالبية السكتل في الهرم تختلف في الوزن بين طنين وثلاثة أطنان . على أنه في البناء الذي تم في السنة الرابعة توجد كتل كثيرة تزيد في الوزن عن ١٠ أطنان ، مع أن متوسط وزن الصخرة في هذه السنة كان ٤ أطنان فقط ، ومع أن وضع هذه الصخور الأخيرة الثقيلة - اللدمايك الخامس والثلاثين من البناء ، وهو الذي يبلغ ارتفاعه ٤ أقدام وبوصتين - قد أتم بناء نصف الهرم وزناً خلال هذه السنة الرابعة للبناء .

ثم ان السكتل التي تزيد في الوزن عن ٥ أطنان من السكتلة بحيث أن رفعها بالهز والامالة فوق المنحدرات المؤقتة أو حتى فوق اللدمايك يتلف في الغالب تسلسل رفع أو سحب السكتل الخفيفة فوق المنحدرات المؤقتة . إلا أنه يوجد استثناء لذلك في حالة السكتل الجرانيتية الكبرى والروافد التي من الحجر الجيري الموجودة فوق مخدع الملك . وعدد هذه ٥٥ فقط : وكل منها يزن ٥٠ طنناً . والبيئة التي جاء بها الأستاذ جودمان قاطعة في أن هذه الروافد الهائلة قد رفضت بطريق الهز والامالة . ومن ذلك تنشأ مسألتان : الأولى أن رفع الـ ٥٥ كتلة فقط يمكن تنظيمه بحيث لا يخل بنظام أكثر من طريق واحد أو اثنين من طرق الحجر النكثيرة التي استعملت لسحب كتل اللدمايك . والثانية أن ميل هذه الطرق أكبر من ١ الى ٢٠ وهو للطلوب في رفع تمثال رمسيس الرابع ، وإلا فإن الروافد المسقفة كان يمكن جرها الى أعلى في الطرق التي عملت لكتل اللدمايك .

نحن لا نستطيع أن نستنتج منطقياً أن الكتلة التي أوزانها من ١ الى ٥ أطنان كانت تحمل فوق نفس المنحدرات التي خصصت لجبر الكتلة التي أوزانها من ٥ الى ١٥ طنناً ، بل لا نستطيع أن نتصور وجود منحدرات منفصلة للحمل ومنحدرات أخرى للجبر . وإنما نستطيع أن نستنتج منطقياً أن جميع كتل اللداميك كانت تسحب فوق منحدرات ميلها أكثر وقوفاً بكثير من ١ الى ٢٠ ، وظاهر أنهم لم يختاروا منحدراتاً منبسطة ، لأن هذا لا بد أن يدور كاللوب مرات كثيرة جداً في الصعود حول أوجه الهرم للمنحدرة . ومعلوم أن زاوية احتكاك الحجر الجيري على الحجر الجيري تساوي ظاً ١٠ ، أي بنسبة ١ في الاتجاه الرأسى الى ٢ في الاتجاه الأفقى . فعلى هذا الحساب . وغيره من الحسابات الأخرى ، يكون هذا الميل قليل الانحدار بالنسبة لجبر الأثقال جراً اقتصادياً بواسطة الأيدي . ثم من جهة أخرى أن كل منحدر أكثر انبساطاً من ١ في الاتجاه الرأسى الى ٢ في الاتجاه الأفقى ، يجعل الطرق للتوازية الصاعدة مزدحمة كثيراً ، في حين أن زوايا الاتصال الحافية المتعاقبة قد حولت بدوران هذه الطرق للتوازية ، وفي كل مرة يدور الطريق فيها زاوية قائمة من وجه لآخر من أوجه الهرم تتقارب الطرق شيئاً فشيئاً بعضها من بعض .

وإذا بدأ طريق ، بميل قدره ١ في الاتجاه الرأسى الى ٢ في الاتجاه الأفقى ، من أحد أركان قاعدة الهرم ، فإنه يقطع نصف عرض أحد الوجوه المائلة عند بوضه الارتفاع الذى يوضع عنده للدماك الخامس والثلاثون ، الذى يوضعه يتم بناء نصف الهرم وزناً . وهذا الطريق نفسه يصل الى الفتحة الأولى (أى زاوية الاتصال الحافية الأولى) عند ١/٢ الارتفاع الكلى للهرم ، وهذا التقدر من الارتفاع هو الذى عنده يتم بناء ١/٢ الهرم وزناً ، والذى عنده يكون قد استنفد نصف الطاقة الآدمية اللازمة لبناء الهرم . وهذا يقع عند السطح القاعدى للدماك الستين ، وهو ذلك المستوى الذى عنده وضعت مجموعة الروافد الأولى الضخمة المسقفة لمخدع الملك ،

والذى به يتم عمل السنة السابعة من البناء . وهذا الطريق يصل الى الزوايه الحافيه التالية عند ٦٥ و ٠ من الارتفاع الكلى للهرم . وهذا القدر من الارتفاع هو الذى عنده يتم بناء بطن الهرم وزنا ، والذى عنده يكون قد استنفذت الطاقة الآدمية اللازمة للبناء . وهذا الطريق نفسه اذا استمر يتم دورة كاملة حول الوجوه الأربعة عند $\frac{1}{4}$ الارتفاع الكلى للهرم . وعند هذا الارتفاع يتم بناء ٩٩ و ٠ من الوزن الكلى للهرم .

هذا الطريق الذى اتخذناه مثالا هو واحد من كثير من أمثاله المتوازية التى يصح أن تكون علمت مؤقتا ابتداء من جوانب القاعدة كلها . أما عرض أى طريق — قبل أن ينشئ اثنا عشر الأول — فيلزم أن يسع عرض كتلة مطلوبة فى هذه المرحلة من البناء . وكذلك الأمر فى كل مرحلة تالية وهكذا . وعلى ذلك ففرض أوطأ للمراحل لا بد أن يمين النهاية العظمى لعدد الطرق الممكنة التى يصح بناؤها . وكلما كان الطريق أضيق كلما كان أقل فى حاجيات البناء .

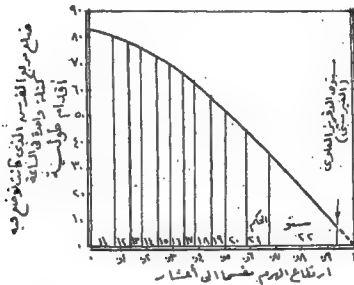
تدل هذه الوسائل المحتملة التى ذكرتها على أن خير وسائل جر الأثقال بواسطة العمال يمكن إعدادها بالبأس كل منهم رابطا للسكتف وآخر لالوسط ، وبذلك يكون مجهوده منقسما بين الحمل وبين الجر أو الشد . وهذه الطريقة تستلزم زحافة لجر الحجر ، وزلاقات تنزلق الزحافة فوقها ، ومواطىء ضيقة التدرج على الجانبين لأقدام العمال . ويلزم فى الزحافة أن تكون مفتوحة من الطرف الذى تخرج منه ، ولا بد أن يكون جانباها ومؤخرتها عالية ؛ وتجد صورة امثل هذه الزحافة بين صور الزحافات التى وجدت فى عصر الأهرام التى كانت تستعمل لنقل الحجارة . ومصرغية فى الجبال والحجارة والجبس اللازم لإحكام وضعها ووصلها . أما مواد البناء الأخرى فيلزم استيرادها من الخارج . ولعل المنحدرات كانت إذن من اللبئات الطينية فى القلب يكسوها البلاط الحجرى ، ولما جانب يدعمها بنى بالحجارة فوق للداميك . وظاهر أن هذا معناه أن الحجارة المانعة تكون قد

وضعت بعد أن تكون مداميك الهرم القلبية قد وضعت أيضاً ، وإلا فإن مسالك الحجر الأصلية للوقت تهدم عند وضع الحجارة للقلعة ، فيستلزم الأمر عمل سلسلة مسالك أو طرق أخرى لبناء الغلاف . أما الحجارة للقلعة فيقتضى تركها مدرجة بسطحها الصخري لكي تترك مهدياً لمسالك الحجر للوقت . وهذه هي الطريقة التي بنيت بها الحجارة للقلعة لهرم الحيزة الثالث ، لأن كثيراً من الحجارة الجرانيتية للقلعة لهذا الهرم لا تزال متروكة عارية بسطحها الصخري مظهرة السطوح الأصلية للصخور الطبيعية الجرانيتية التي أثرت فيها المياه والتي منها قطعت كتل هذا الهرم . وما دامت هذه هي طريقة البناء فإن هدم طرق الحجر للوقت يبدأ من القمة فثابت ، وبذلك تكون الجوانب للقلعة للهرم قد مهدت فاستعالت سطوحاً مساء عند ما أزيلت مسالك الحجر هذه التي كانت تخفيها . وهذا مطابق للبيان المنسوب إلى هيرودوت إذ يقول « لقد تم الجزء العلوي من الهرم أولاً ، ثم الأوسط ، وأخيراً الجزء الأسفل القريب من الأرض . » ويلاحظ أن هذا يعطينا ثلاث مراحل لهدم المباني للوقت ولا إنجاز البنية الأصلية الدائمة . وإذا كان فيكون متوسط عدد المراحل لكل مسالك الحجر وطرقه للوقت في المنحدر الذي ميله ١ في ٤ ثلاثاً بالضبط .

عملية البناء

إننا لم ننجح بعد في إثبات أن الـ $\frac{1}{3}$ مليون كتلة الوجود في الهرم يمكن جرها إلى الهرم وإلى أعلاه ثم بناؤها في ١٢ سنة . ولكن خير وسيلة لادراك مسألة الحجر هذه إما تجريبية ، عن طريق بحث مسألة البناء . ونحن نستطيع من منسوب البناء الذي تم لكل سنة ومن ارتفاع اللداميك أن نحصل بالتقريب على العدد الكلي للحجارة التي وضعت في البناء كل سنة . فلذلك قسمت العمل للاثنتي عشرة سنة المتعاقبة على مناسيب ، وأخذت لتحليل مراحل العمل سنتين سنتين . وقد

اعتبرت أن المساحة المربعة المنجزة في السنة الأولى لكل مرحلة ذات سنتين هي متوسط المساحة التي تم وضع الكتل فيها في سنتين . وقد قسمت هذه المساحة الى مربعات متساوية المساحة توضع كتلة واحدة في كل مربع منها في الساعة لكي يتم بناء عدد الكتل المخصصة في ظرف سنتين . (شكل ١٥) فأعطت هذه الطريقة لشغل السنتين الأوليين كتلة واحدة لتوضع في مربع طول ضلعه ٨١ قدماً ، وفي شغل السنتين الأخيرتين اللتين كانت فيهما الكتل صغيرة الوزن أعطت كتلة واحدة لتوضع في مربع طول ضلعه ٣٥ قدماً . وهذه الأعداد مبنية على أساس أن سنة الشغل ٣٠٠ يوم ، وأن ساعات العمل في اليوم ١٠ ، وقد اختارت ذلك فقط لأغراض التحليل القياسي . وتدل المعالم التي أظهرها التحليل على أن عملية البناء يمكن أن تتم حتى في ربع أو ثلث الزمن المسموح به على شرط أن نظام جر الأتجال المختار يفي بتوريد الكتل .



شكل (١٥) بيان متوسط انتاج العمل الذي فيه توضع كتلة واحدة في الساعة وذلك في أي مرحلة من مراحل بناء الهرم الأكبر

ففي السنتين الأوليين من العمل يجب توريد ٧٦ كتلة متوسط وزن الواحدة

منها ٤ من الأطنان في الساعة وفي السنتين الأخيرتين من العمل يجب توريد ٥٧ كتلة متوسط زنة الواحدة منها طن ونصف طن ، في الساعة . ويمكن جر من ٢ الى ٤ من الكتل الأخيرة في زحافة واحدة . ولقد أثبت أن معظم عملية الجر حدث في المراحل السفلى من البناء . فمن وجهة عدد الكتل الموردة في الساعة يتضح ان شغل السنتين الأوليين هو الأردأ . وإذا أخذنا ستة أوجه طرق للجر في الوجه الواحد أو ٢٤ طريقاً للدوران حول الهرم فان العرض الممكن لإنشاء كل طريق منحدر يقرب من ٢٥ ذراعاً . وليست هناك حاجة لأن يكون الطريق بهذا الاتساع ما دام البناء قد راعوا الاقتصاد في بناء الجدار الواقى الجانبي بين الطرق المتوازية . وصفوف الطرق المتوازية هذه تملأ في مراحلها الأولى القريبة من قاعدة الهرم ما يزيد قليلاً عن ٣ كتل في الساعة لكل طريق أما الطرق الضيقة فيمكن استخدامها في إيصال المواد الأقل أكلافاً . وظاهر من كل ذلك أنه حتى إذا قصت أيام سنة العمل وساعات الضمّل التي فرضتها نقصاناً عظيماً فان عملية الجر تستطيع أن تمد البناء بالمادة التي يستطيعون وضعها خلال مدة البناء الاثنتي عشرة سنة التي تأيدت بهذا البحث .

لم يبق بعد ذلك إلا للصح الجامع لكل للعالم الخاصة بتنظيم الجر وبمسألة ملاسة السطح وتهذيب فرش ووصلات الكتل للقلعة للهرم .

ان رسالتى ، التي كنت أمانت أن أخصص لتحضيرها شهوراً ثلاثة ، قد أعدت خلال عشرة أيام ، نظراً لظروف غير منتظرة ، مشتملة على جميع الحسابات الضرورية والمنحنيات التي ظهرت رسومها . وهناك منحنيات أخرى لم تتم بعد . وكانت رسالتى تكتب مرحلة فآخرى كلما تقدم الجدل والبحث من العالم الذي تسفر عنها الحسابات والخطوط البيانية للمنحنية . وعلى ذلك فالتف تدليلى الذي تضمنته هذه الرسالة قد يكون أوفى لو أنها كتبت من جديد . ولكن الدليل المكتوب ثانية يحقق عادة في الكشف عن الآراء الأصلية التي منها وصلنا الى

ما وصلنا اليه من النتائج. لهذا أقدم رسالتي على اعتبار أنها سجل مكتوب للآراء كما تكونت ، واني أقدمها راجياً أن تدل طريقي في التدليل والتسلسل ، اللذين اتبعتهما فيها ، لا على تسلسل التصميم والانشاء لهذا البناء الضخم فحسب بل على تسلسل التصميم والانشاء لنماذج البناء الأخرى مع مراعاة تطبيق القواعد المستخدمة في هذه الرسالة .

ملحق

(١) معالم جر الاثقال

مير الاثقال فوق الطرق الثابتة

يقول « ارمان Erman » الذى بقوله استشهد بترى فى كتابه « علم الاجتماع الوصفى Descriptive Sociology » ما يأتى :

« عند ما كانت الكتلة للتوسطة الحجم تنقل خلال طرق جيدة نسبياً كانت الثيران تربط فى الزحافة . وقد جرت العادة مع ذلك..... أن يستخدم الرجال فى مثل هذا العمل الشاق . »



شكل (١٦) طريقة جر قداماء المصريين للاثقال فوق زحافات

وترى فى الصورة (شكل ١٦) زحافة للبحر ذات سنت ثيران ، وهى احدى الزحافات التى كانت تستعمل فى المهاجر التى منها اقتطعت حجارة الهرم . ويقول سير جاردنر ولكسون « انه مفروض ان الزحافة فى طريقها الى المستوى السائل المؤدى الى النهر ، ولا تزال ترى للآن رسوم من هذا النوع بالقرب من جنوب بلدة المعصرة الحديثة ... »

وتبلغ هذه الكتلة الظاهرة حوالى ٧ أقدام X ٤ أقدام X ٤ أقدام وتزن ٧ أطنان تقريباً . ويدل معامل الاحتكاك للاستدلال عليه من شد ست ثيران لهذا الوزن على أن الطريق كان مدهوناً بالشحم ، ومعلوم أن معامل احتكاك الخشب على الخشب للدهون بالشحم يختلف من ٢ . الى ٤ . و . ويسطى للقنادر

الأول شداً قدره ٥ هندردويت للثور الواحد ، وهذا كبير جداً ما دام العمل متواصلًا ؛ أما المقدار ٤ . و . فيعطى شداً قدره هندردويت واحد للثور الواحد ، وهذا صغير جداً .

ويشبه التصميم المصري القديم للطريق الثابت التصميم الحديث لطريق السكة الحديدية . يقول بىرى انه « فى زمن الأسرة الثانية عشر جهز فى اللاهون طريق آت من المهاجر ، بالفنكات الخشبية (لأخوذة من خشب السفن القديمة) للدبوكة فى الأرض متعازية ، فكان طريقاً خشبياً تنقل عليه السكتل مسحوبة أو فوق قهضان اسطوانية مدرجة . »

« أما طريق النقل عبر الصحراء فكان ينقى من الحجارة التى كانت تكوم على الجانبين على شكل أخاديد ، وكانت توضع علامات فى الطريق كل ثلث ميل ، وتوضع علامة كبيرة كل أربعة أميال . »

وقد جاء فى كتاب «المهندس السنوى لوضعه كيمب Kemp's Engineer's Year Book تحت عنوان « قوة الحيوان » ما يأتى وهو « ان الثور الذى يسير بسرعة قدمين فى الثانية (أى ٣٤ و ١ من الليل فى الساعة) يبذل قوة شد قدرها ١٥٤ باوند فى ظرف ٨ ساعات كل يوم . » فإذا طبقنا هذا على الرسم المصرى القديم فإنه يعطى معامل احتكاك قدره ٥٦ . و . - وهذا يدل على سطوح جيدة للملاسة وعلى تشعيم للطريق بلغ غاية الجودة وهذا لا يحصل عليه الا فوق طريق ثابت ممد خير تمهيد .

قال هيرودوت بأن جسراً كبيراً صغرياً قد بنى ومهد الى الحرم الأكبر قبل البدء فى بناء الحرم ذاته . وكان طوله ١٠٠٠ ياردة وعرضه ٦٠ قدماً وارتفاعه ٤٠ قدماً . وبديل طوله على انه يبدأ من حافة الماء عند ما يكون فيضان النيل قد بلغ أتمه ويقول بىرى ان « هذا كان للروافد (الكرات) الأثقل ، ولا بد أن تكون هناك عدة جسور أخرى للسكتل الأصغر لئلا يمكن نقل ١٠٠٠ كتلة فى اليوم

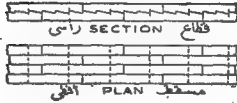
بل كانت توجد جسور دقيقة التدرج طرى صنفرو وخفرع . « وأنى أميل لتصديق أن الجسر الذى يشير اليه هيرودوت بنى فى الأصل لىكون طريقا ثابتا يستعمل بعد بناء الهرم ..

جسر الانتقال فوق الطرق المؤقتة والمسالك المتفرقة

يدل رسم فى مقبرة موجودة فى البرشه El Bersheh على الطريقة التى نقل بها تمثال فى عهد الأسرة الثانية عشرة للمصرية — أى بعد بناء الهرم الأكبر بما يقل عن ألف سنة . فقد ظهر فى الرسم مائة وأثنان وسبعون رجلا ، ينجرون تماثالا على زحافة مربوطة بأربعة جبال والتمثال مربوط بالزحافة بحبال شدت عليها بواسطة دواليب الربط Windlassing . ويرى فى الصورة مدير للإشراف على الجمر فيعين الوقت (وربما كان ينفى للعمال) ، وكان يوضع طريق أو افريز من الخشب أمام الزحافة ، فاذا مرت عليه رفع من خلفها . وكان سطح هذا الطريق يدهن بالشحم ، والقائم بعملية الدهن ظاهر فى الصورة وهو يؤدى عمله عند تقدم الزحافة أما أن هذا التشحم كان متواصلا فيدل عليه أن ١٧٢ رجلا هم الذين جروا التمثال وكان ارتفاعه ١٣ ذراعا مصرية (أو ٢٢ قدما و ٤ بوصات) ، ويزن نحو ٤٠ طنا وهذا العمل يسفر عن معامل احتكاك قريب من ٠.٠٢ أى حوالى النهاية العظمى لمعامل احتكاك الخشب على الخشب للدهون بالشحم أو الصابون . وكان كل رجل يشد الحبل ، أو يدفعه ، بالاتحاد مع زملائه بقوة تقرب من ١٠٠ باوند فى كل شدة أو دفعة . وهذا فى الاتجاه الأتقى وفوق الافريز الخشبي المتنقل .

ولذلك يقول سير جاردنر ولكنسون « ان المصريين كانوا على علم تام بالقوى الميكانيكية ، وبطريقة تطبيق القوى القاطرة تطبيقا ناجحا لكل النجاس ؛ ومعلوم أن استعمال الشحم للاثقال الكبيرة وتفضيله على الاسطوانات بالدرجة متبع فى أعمالنا الحاضرة . »

ووجد أمر شيق في ذلك الرسم للذكور أراني مضطرا للإشارة اليه بنوع خاص . فيه ترى ثلاثة رجال (كما في شكل ١٧) يحملون ما يبدو أنه عارضة من



شكل ١٧ طريقه حل الاقنال فوق الاكتاف

خشب موصول . فإذا كانت النسب محيطة فإن العمال الثلاثة ما كانوا ليستطيعوا حمل عارضة من الحجم الظاهر في الرسم ، وعلى الأخص لأن العامل الأوسط يضع العارضة خطأ على كتفه الأيسر مع وجوب وضعها على كتفه الأيمن . وهو من جهة أخرى ماد يده فوق الحمل وحوله . فمن ذلك يتضح أن عرض هذا الشيء المحمول لا يزيد عن ثلاث أو أربع بوصات ، وهذا يدل على أنه مقياس عياري لقياس العوارض الخشبية للطريق وحفظ حجم كل منها في تفاصيله ، ولقطع عوارض جديدة تكون متساوية في الحجم والتفاصيل .

هذه النتيجة توضح كيف أنشئ الطريق . ويلاحظ أن التسنن غير متواصل على تلك الأخشاب الموصولة بل متقطع وذلك لامتداد الصناعات بما يقابل في أيامنا الحاضرة وصل الألواح بمسامير قطش . والقطعان الرأسى والأنثى والتفاصيل الظاهرة في شكل (١٧) تبيّن بالتقريب كيف ينشأ طريق متواصل بالشروط التي يستلزمها هذا القالب الخشبي المحمول . ويلاحظ أيضاً أن الزوائد انغابورية key-strips ممتدة عبر عرض الطريق كله . أما الخواير للولجة عند أطراف هذه الزوائد من

جانبى الطريق فانها تربط الطريق جانبا ، كما أن الوصلات الخشبية للتواصله —
 للتخالفه بين الخشبتين العليا والسفلى — تربط الطريق طوليا . و طراز الانشاء هذا
 كان ضروريا لمنع الطريق من الانقسام تحت دفع الزحافة المحملة بالأثقال الكبيرة
 وكان الطريق الخشبي منفصلا فى الأرض وفى محاذاته سطحها أو سطح المادة المكبوسة
 التى عليها مد هذا الطريق .

ممر الأثقال فوق المنحدرات

لقد قلت فيما مضى العبارة الآتية : —

« تمثل هذه الوسائل المحتملة التى ذكرتها على أنها خير وسائل جر
 الأثقال بواسطة العمال (جرها فوق منحدر ١ فى ٤) يمكن اعدادها بالباس كل
 منهم رابطا للكتف وآخر للوسط ، وبذلك يكون مجهوده مقسما بين الحبل وبين
 الجر أو الشد . »

ولكننى أرى الآن أن مسترن . دى . دافيز Mr. N. de G. Davies يقول
 كتابه « ديرا الجبراوى » ، فى الصفحة ١٣ من الجزء الأول ، يصف لباسا يلقى
 بهذه الشروط . وكان يستعمله صيادو السمك فى عصر الهرم عند جر شباكهم ،
 يقول دافيز « ان أولئك الذين يجرون الشباك يلبسون حزاما للكتف (سيليطة)
 منسوجا يصاونه بالحبل ، وهذا يسكون به بشكل آمن وأصعب . » ويرى بترى
 بعد استشهاده بذلك فى كتابه « علم الاجتماع الوصى » التطبيق الظاهر له ، وهو
 لذلك يضم هذه العبارة تحت عنوان « النقل » بمناسبة جر الحجارة فوق الزحافات
 التى يسحبها الرجال .

(٢) الطاقة المبذولة فى بناء الهرم الاكبر

القانونه التمهيدى

من الوجهة الميكانيكية الأولية يلزم لكل كتلة وضعت فى الهرم أن ترفع

الى أعلى في اتجاه رأسى فوق القاعدة ، ثم تدير أو نحمل من جهة لأخرى في اتجاه أفقى . وقد رفع الوزن الكلى للهرم الى المستوى الأفقى للمركز ثقله الواقع عند ربع ارتفاعه الكلى . وقد مر بنا الحديث على القانون الخاص بالطاقة الكلية المستنفدة .

وبالنسبة لابعاد الهرم الأكبر والى الاحتكاك الأفقى قد حصلنا على ثابت هو γ . ط للطاقة الأفقية المستنفدة حيث $\gamma =$ معامل الاحتكاك الخشب فوق الخشب المدهون بالشحم γ ط = النسبة التقريبية . ولما كانت طرق الإنزلاق الأفقية تستلزم أن تكون قابلة للدوران باستمرار لجميع الأوضاع المختلفة للكتل ، وكانت هذه الطرق في جميع الحالات طرقاً مؤقتة أفقية ، فاننا مضطرون لاعتبار النهاية العظمى لمعامل الاحتكاك 0.20 . وهذا يجعل المقدار γ ط مساوياً الى $\frac{1}{5}$ تقريباً ، فاعتبرت لذلك أن γ ط = $\frac{1}{5}$ ومنه ينتج أن $\gamma = 0.20 \times 2.27 = 0.454$ وتكون النتيجة لهذا التبسيط أو الاختصار أن تصير الطاقة الكلية للبذولة رأسياً في الرفع وأفقياً في الجرى حيث W = وزن الهرم γ ط = ارتفاعه . ويدل هذا على أن الطاقة الكلية المستنفدة مساوية لشغل الحادث في رفع الوزن الكلى للهرم رأسياً الى ثلث ارتفاع الهرم . فاذا فرضنا لتحليل أن نفس هذه النسبة صالحة صحيحة لكل مرحلة من مراحل البناء فان قانون الأكلاف النسبية للطاقة المستنفدة لهذه المراحل المتعاقبة هو : الطاقة $= 1 - 3 \times \frac{1}{5} + 2 \times \frac{1}{5}$ وهو الذى مر الكلام عليه ، والذى أخذته أساساً للخط البياني شكل (١٣) . ولا بد أن يكون العمل في المراحل السفلى للبناء أسرع قليلاً مما تسمح به ، ولكن بعض الاعتبارات العملية التى سنتكلم عنها فيما بعد تدل على أن القانون يفسر بسرعة البناء تفسيراً صحيحاً .

والقانون النظرى للضبوط هو : مقدار الطاقة للبذولة في البناء لارتفاع قدره $(1 - 3 \times \frac{1}{5} + 2 \times \frac{1}{5})$

وإذ كان الوزن الكلى ر يساوى بالتقريب ٦ مليون طن ، والارتفاع ع يساوى ٤٨١ قدماً ، فإن الطاقة الكلية للبذولة هي ٩٦٢ مليون طن - قدم . وتنطى النتيجة النهائية التى يسفر عنها بحثنا هذا ذلك القدر بالضبط .

القانونه النهائى

كانت طرق الجمر المائلة حول الهرم والى أعلاه (شكل ١٨) ذات ميل قدره ١ فى ٤ وهذا الميل يكاد يتفق مع تدرج للدواميك وحالات البناء المتعاقبة إذ أن الميل الحقيقى لهذه هو ١ فى الاتجاه الرأسى الى ١٢٧٦٤ و٤ فوق المنحدر ، وذلك يعطى زاوية ميل على الأفق قدرها ١٤ - ١ - ١٤ .

وقد مر بنا أن قدماء المصريين كانوا يعملون فوق الطرق الموقتة والجسور المتنقلة بمعامل احتكاك يقرب من ٢ ر . أما فى حالة الطرق الثابتة الدائمة التى تصل الى المهاجر فقد كانوا يشتغلون بمعامل احتكاك يقرب من ٠.٥٦ ر . ويؤم للجبر الجيد بوساطة الانسان فوق منحدر ميله ١ فى ٤ أقل معامل احتكاك ميسور للاستغناء عن جماعات العمال الكثيرة العدد وفى حالة الهرم الأكبر كانت المنحدرات بطبيعة الحال « طرقاً مستديرة » طوال مدة البناء البالغة ١٢ سنة . ومعلوم أن أصغر معامل احتكاك ممكن هو ٤ ر . لسطوح الناعمة كالخشب فوق الخشب للدهون بالشحم . وتدل السكتل الملقاة الحالية على أن البناء كان باستطاعتهم أن يتخذوها سطوحاً ناعمة كما هو الحال فى الأعمال الحديثة . وما كان يمكن عمله على الحجارة يمكن أن يعمل على الخشب وكل ما يتطلبه الأمر هو التشعيم ومراقبة استيقائه باستمرار . ولذلك يصح أن نعتبر معامل الاحتكاك فوق المنحدرات (مح) يساوى ٠.٤ ر ، وفوق الجسور المتنقلة للنشأة للجبر الأفقى والممتدة بعد المنحدرات على سطح الحجارة للبنية (مح) يساوى ٠.٢ ر . ويلاحظ أن المنحدرات تبنى عن الصقالات للجبر الأفقى الذى اختير فى القانون

للبدن للطاقه .

أما القانون الخاص بالجر فوق المنحدرات فهو كما يأتى : -

الطاقة الكلية المستنفدة فى الجر فوق المنحدر الى ارتفاع قدره (١-٥) ع .

$$= \frac{1}{2} \gamma (1 + \tan^2 \alpha) (1 - \frac{1}{2} \gamma \tan^2 \alpha)$$

حيث و = الوزن الكلى .

ع = الارتفاع الكلى .

٥ = الكسر الباقى من الارتفاع وهو الذى لم يتم بناؤه بعد .

١ = زاوية المنحدر وقدرها ١٤ - ١ - ١٤

مح = معامل الاحتكاك فوق المنحدرات الثابتة وقدره ٤ . ر .

$$\text{مح} = 1 = \frac{1}{2} \text{ تقريباً}$$

وباختيار هذه القيمة ينتج أن

$$\text{مح} = 0.416718 \text{ ر .}$$

ويصير القانون للطاقة المستنفدة بسبب الجر فوق المنحدرات هكذا :

$$= \frac{1}{2} \gamma (1 - \frac{1}{2} \gamma \tan^2 \alpha)$$

أما قانون الجر الأفقى فهو كما يأتى : -

الطاقة الكلية المستنفدة فى الجر الأفقى الى ارتفاع قدره (١-٥) ع

$$= \frac{1}{2} \gamma (1 - \frac{1}{2} \gamma \tan^2 \alpha)$$

الذى فيه مح = وهو معامل الاحتكاك على الجسور الأفقية المؤقتة وقدره

٢ . ر . ط = النسبة التقريرية .

فاذا كانت مح = ط = حدث أن

$$\text{مح} = 0.416718 \text{ ر .}$$

وإذن يصير قانون الطاقة المستنفدة فى الجر الأفقى كما يأتى : -

$$= \frac{1}{2} \gamma (1 - \frac{1}{2} \gamma \tan^2 \alpha)$$

وبإضافة الطاقة المستنفدة في الجبر المائل الى تلك المستنفدة في الجبر الأفقي
نحصل على ما يأتي : -

$$\text{مجموع الطاقة الكلية المستنفدة في الجبر الى ارتفاع قدره (١ - ٥) ع} \\ = \frac{1}{4} \text{ ع} (١ - ٥٣ \frac{1}{4} + ٥٢ \frac{1}{4})$$

وذلك هو القانون النهائي ، وهو يعطى للطاقة المستنفدة حتى نهاية الارتفاع
الكلّي قدره هو ٩٦٢ مليون طن - قدم ، وهو القدر الذي يعطيه قانوننا المبدئي .
وهذا القانون الأخير يجعل سرعة البناء ، بنصف سنة من سنى البناء ، في
سنوات البناء السبعة الأولى التي تم فيها العمل الى نصف الارتفاع ، ويبقى بعد
هذا الارتفاع سرعة البناء ، بنفس المقدار أى نصف سنة ، في سنى البناء الخمسة
الأخيرة . ولكن هذا يتبادل - وبذلك ينمى - بواسطة إعاقة سرعة البناء
في السنين الثمانية الأولى ، تلك الإعاقة الناجمة عن إنشاء الممرات والحجرات ، وعن
وبعن إنشاء تلك البنايات ذات الروافد المتقاطعة فوق مخدع الملك ، وعن
إنشاء الطرق المنحدرة لجبر الأثقال وإقامتها الى علو يبلغ نصف ارتفاع الهرم
(شكل ١٨) وعن تناول ووضع ووصل السكتل الثقيلة الموجودة أسفل نصف
الارتفاع . وعلى ذلك فالقانون المبدئي يوضح نسب سرعة البناء توضيحاً أدق
من توضيح القانون النهائي ، وهذا على مقتضى المعاليم المؤيدة التي سبق لي
ذكرها .

(٣) الطرق المنحدرة لجبر الأثقال

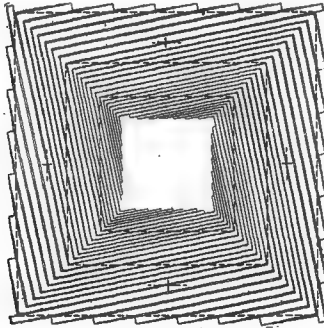
ترتيب المشروع وفوائده

إذا راعينا كل اعتبار عملي أو نظري يمكن فإن الترتيب النموذجي لمشروع
بناء الطرق المنحدرة لجبر الأثقال فوق الهرم الأكبر يكون كما في شكل (١٨)
فالميل كما قلنا يساوى ١ في الاتجاه الرأسى الى ١٢٧٦٤ ر ٤ في اتجاه المنحدر .

ليكون عدد الطرق ٢٨ — أى سبعة عند كل ضلع من أضلاع القاعدة . وكل طريق من الأربعة المبتدئة . عند أحد أركان القاعدة يصل الى $\frac{1}{2}$ ارتفاع الهرم الكلى قبل أن يدور زاوية قائمة حول الركن . عند زاوية الاتصال الحافية . وقد بنى ثلث الارتفاع الباقي قبل أن يصل أحد هذه الطرق الى زاوية حافية أخرى . وهكذا الحال فى المراحل المتعاقبة . وترى فى الشكل (١٨) الرحلة الثالثة لهذه الطرق المائلة المبتدئة من الأركان . وهذا يمثل بناء الهرم الى ٧٠٠ من ارتفاعه ، أى حينما يكون قدم بنى منه مازنته ٩٨٠ ر . من وزنه الكلى . ومنه ترى أن العمل فى السنة الأخيرة قد ابتدأ . ويكون الطول المتوسط لطريق الجمر المائل عندئذ زائداً قليلاً عن ٢٠٠ ياردة . وهذه الأعداد تلتقى ضوءاً كبيراً على مسألة بناء الهرم لأنها تظهرها فى نسبتها الحقيقية . وترى فى شكل (١٩) منحنيًا لبيان الجمر فوق الطريق المنحدرة مضافاً إليها الجمر فى الاتجاه الأتى خلال سنى العمل المتعاقبة ، وبيان الوزن الذى لم يتم بناؤه بعد . ومنه يتضح أن متوسط مسافة الجمر للعمل فى سنى من السنين هو مسافة الجمر عند نهاية العمل فى $\frac{1}{3}$ من سنى البناء .

ويبلغ عرض ككل طريق (شكل ١٨) عند مرحلة الانحدار الأولى ١٢ ذراعاً مصرى ، وقد قدرت فى ذلك عرض الجسم المسحوب بأنه ١٠ أذرع مصرىة أو ١٧ قدماً و ٢٢ بوصة . وهذا التقدير يكفى فى الحقيقة لسحب الروافد الثقيلة — من ٥٠ الى ٨٠ طناً — فوق منحدرات الجمر بمساعدة بعض العمليات الميكانيكية البسيطة ، وهى العمليات التى خير ما أصفها به هو القول عنها بأنها عمليات دفع الروافد للسير على شفاها الأربعة (التى سبق لى شرحها) كأنما هى أرجل أربعة ، ويتبع ذلك عمليات رفع وإمالة وإدارة تتكرر غير مودة لتحدث حركة دائرية غير مركزية الى أعلى المنحدر . وبطبيعة الحال تستعمل الاسافين والخوابير لتنعيم انزلاق الروافد الى أسفل ، ولتحصيل الشفة الى محور ارتكاز رافعة تحرك الكتلة أفقياً ورأسياً .

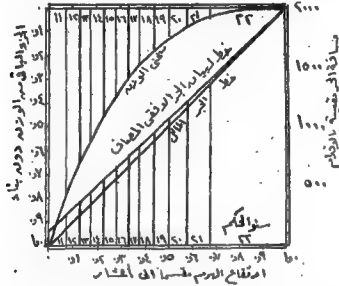
والطرق الملائمة طويلا لنقل هذه الروافد الثقيلة هي تلك الطرق الأربعة المبتدئة من أركان القاعدة ، لأن هذه الطرق هي الوحيدة التي تصل — قبل أن تبدأ في اللف — إلى منسوب سقف مخدع الملك ، وهو المنسوب الذي عنده يبدأ بوضع هذه الروافد . ويمكن رفع الروافد إلى هذا المنسوب ($\frac{1}{2}$ ارتفاع الهرم) ويمكن أيضا رفعها إلى حيث للداميك العليا ، ويمكن بناؤها في مكانها المعد لها ، وقد وصل البناء إلى هذه المرحلة من البناء عند نهاية السنة السادسة من سنى العمل ، حيث كان طول مسافة الجرى المنحدرة ٢٢١ ياردة ، مع العلم بأن متوسط هذه المسافة لسنى العمل الستة هو ١٢٠ ياردة . وفي هذه المرحلة يكون قد استنفد من الطاقة اللازمة لبناء الهرم نصفها .



(شكل ١٨) طرق الجرى المائل حتى السنة الأخيرة من البناء

ولكى تصل الطرق المبتدئة من أركان القاعدة إلى الارتفاع الذي عنده يوضع المدماك الخامس والثلاثون يلزم أن تقطع نصف عرض وجه الهرم ، وبوضع هذا المدماك يكون قد تم بناء نصف وزن الهرم في $\frac{3}{4}$ من السنين . ومتوسط طول مسافة الجرى المنحدر يبلغ ٨٠ ياردة تقريبا .

وفي المراحل الأربعة لطريق الجمر الصاعد تكون العروض على التوالي ١٧ قدما و $\frac{1}{2}$ بوصة م ١١ قدما و $\frac{1}{2}$ بوصة م ٧ قدما و $\frac{1}{2}$ بوصة م ٥ قدما و $\frac{1}{2}$ بوصة واحدة ، لأن دوران الطريق خلال زاوية قائمة من مرحلة الى التي تليها ينقص العرض بمقدار الثلث . ولم أظهر في الرسم أكثر من ثلاث مراحل ، لأن



شكل (١٩) رسم يأتى لاثبات أن متوسط مسافة الجمر لبناء الذي تم في س من السنين = مسافة الجمر عند نهاية العمل في $\frac{1}{2}$ من سنى البناء

للمرحلة الثالثة تدخل في الشهر الأول من السنة الأخيرة للعمل . ويلزم للمراحل الأخيرة من عمل هذه السنة الأخيرة بضعة طرق أخرى للجمر ، واذن يمكن عمل طرق مائلة أوسع فوق للمنسوب الذي انتهى عنده رسم للشروع للبين في شكل (١٨) . وعلى ذلك فالسقط الافقي لهذا الشكل يوضح لنا المعنى والقصد اللذين ذهب اليهما هيرودوت بخصوص المراحل الثلاثة لانعام العمل في بناء الهرم الأكبر « من القمة فما تحبث . »

انشاء المقدرات

كنت قبل اعداد رسالتى الثانية مترددا بين رأيين خاصين بوضع السكتل الملقة في الهرم الأكبر . وبعد اعدادها ، أضافى لا أزال مترددا ، مرجحا الرأى

المعارض لوجه النظر التي شرحتها في رسالتي . وقد استمر هذا التردد في الرأي ٢٠ سنة ، وهو في حد ذاته شائع الحدوث عند معظم أولئك الذين يبحثوا المسائل الانشائية للهرم الأكبر خلال النصف قرن الماضي . على أن إعادة البحث في المعالم المفسرة للشروحة في غضون بحثي تبدو كأنها دليل على أننا مع ذلك قد نجحنا أخيرا في تصديق مجال العوامل المتباينة لمألتنا الى أضيق حد ممكن .

ومن التجارب الحديثة في المنشآت البنائية ظهر أن الهبوط للتباين ، وما يتبع الهبوط من شق وتحريف ، إنما تنتج اضطرابا عند ما يضاف غلاف جديد جسم الى بناء جسم ينشأ على مراحل خلال الاثنتي عشرة سنة السابقة . على أن هذه العقبة يمكن تخطيها اذا كانت فُرُش هذا التلاف ووصلاته ميكروسكوبية . لهذا انتهيت الى أن معظم الفُرُش والوصلات الميكروسكوبية لسكتل الهرم المغلفة تشهد بنفسها على أن هذه السكتل قد أضيفت بعد انجاز بناء كل الداميك القلبية . ومن جهة أخرى فالظاهر بالمثل أن مجموعتي الصقالات أو طرق الجر المؤقتة قد بنيتا وهدمتا على التوالي ، مرة لبناء القلب (الحشو) وأخرى للغلاف . وقد زالت هذه العقبة عندما روعي مقدار المادة الهائل الذي يحتاج اليه في بناء طرق مؤقتة لجر الاثقال شكل (١٨) . وقد يكون من الأيسر والأسهل والاكثر انطباقا على قواعد البناء المتبعة في عصر هرم الحيزة أن تحمل الطرق المنحدرة على روافد مثبتة من أحد طرفيها فقط (قنطروس Cantilevers) متباعدة وبارزة من قلب البناء . واذا دعت الحاجة وضعت عمدة حجرية تحت الأطراف الأخرى غير المقيدة . واذا ما توطدت مرة قاعدة ما فإن التفاصيل تصبح مسألة بسيطة . ومعظم التفاصيل الاضافية اللازمة موجودة فعلا في الهرم الأكبر وفي المباني الأخرى التي تمت في عصر الحيزة الهرمي .

على أن الشرط الجوهرى هو أن عمق بناء الطرق يجب أن يظهر سطوح أوجه الهرم المائلة المقصودة لتيسر رؤيتها ويسهل وضعها بعد الانتهاء من بناء القلب .

والسكتل المعلقة أمكن وضعها حول وفوق الزواقد البارزة المثبتة من طرف واحد وإن استلزم الأمر وضعت حول العمد . وإذا أن الطرق هذه قد هدمت من أعلى إلى أسفل فإن هذه الروافد والعمد يمكن رؤيتها آثارها وقد نشرت ومهدت بحيث سويت مع أوجه الهرم . وقد كانت الحجارة تنشر في عصر الهرم .

(٤) « إتمام » الهرم

لم يتم بناء الهرم الأكبر إلى رأسه أبداً فلقد زار ديودوروس Diodorus وبلايني Pliny مصر ورأيا الهرم الأكبر حينما كان غلافه على حاله سليماً . واتفق الاثنان في القول بأنه يوجد عند قمة الهرم أفريز منبسط . وسأحاول باختصار تفسير حالة النقص تلك في بناء الهرم .

عند ما أخذت صورة فوتوغرافية من الجو للهرم الأكبر وماجاوره رؤيت فيها ظاهرة بنائية لم تظهر مثلاً في الأهرام الأخرى . وهذه الظاهرة هي وجود انخفاض على شكل V في الأوجه الأربعة . وأكبر عمق في الاتجاه الأفقي لهذا الانخفاض هو ٣ أقدام . ولئن غطيت كل للداميك بخلاف منتظم السمك لظهر هذا الانخفاض الذي على شكل V واضحاً جلياً في أوجه الهرم الأربعة . وهذا يجعل طول ضلع القاعدة ٧٦١ قدماً و ٩ بوصات .

ومعلوم أن النتيجة الأخيرة لإعادة البحث في المعالم المشرحة في رسالتي هي أن السكتل المعلقة قد أضيفت بعد أن تم بناء القاب تماماً . وفضلاً عن ذلك توجد كتلة معلقة قاعدية ضخمة تزن ١٩ طناً عند منتصف الضلع الشمالي للقاعدة . وهذه الكتلة تمتد في قلب البناء إلى ما يزيد عن قدمين ، ولها كتف رأسي سبعة ٢٢ من الأقدام ضارب في بناء القلب . وظاهر أنها وضعت عند ما وضع الدماك القلبي للقاعدة ، ومن المؤكد أنه لم يوضع بعد أن تمت جميع اللداميك القلبية . وعلى ذلك تكون بعض حجارة القاعدة المعلقة قد وضعت عند منتصف كل قاعدة لتطوى

العالم اللازمة للمنظر الجانبي (بروفيل) وكذلك تعطي الخطوط التي فوق وسط كل منحدر في الحشو الداخلي . فبهذه كدلائل مرشدة قد بنيت للداميك القلبية الى العلو الذي وصلت اليه .

ولكن تسلسل العمليات التي أجريت بعد ذلك يدل على أن كبير البنائين الأصلي المسئول عن وضع القاعدة إما أن يكون قد توفي وإما أن يكون قد عزل . وذلك لأنه عقب الانتهاء من بناء الحشو كان الغلاف يعمل ابتداء من القاعدة فـ فوق ، وهو تلك الأوجه المستوية لا تلك الأوجه ذات الانخفاضات للقصود التي على شكل V . ثم إن سمك الحجارة المعلقة للقاعدة عند الأركان يساوي نصف تلك الموجودة في وسط الوجوه . وهذا بالطبع لإنشاء ردىء لأن الدوران يجب أن يكون في السمك مساوياً على الأقل للسمك في الجهات المقتدة . وهذا هو الجزء الوحيد الرديء البناء في الهرم ، وسببه كما ذكرت راجع الى غلطة في بناء الغلاف .

وتدل الحقائق للادية والبيانات الكتابية على أن الانحراف عن التصميم المقصود لم يستكشف إلا بعد أن وصلوا في البناء الى التفاصيل النهائية في القمة . فأدى استكشاف هذا الخطأ الى ترك الهرم ناقصاً مع ذلك الافيرز للسطح العلوى ولو كان الغلاف تم على حسب الأصل الموضوع ، مع جعل سمك الغلاف منتظماً فوق للداميك ، لكان البعد بين ركن وآخر يساوي ٧٦١ قدماً و ٩ بوصات ، ولكان ارتفاع الهرم الى تمامه أى من القاعدة للقمة ٤٨٤ قدماً و ١١ بوصة . تلك هي الأبعاد المضبوطة المستخرجة من البيانات الضئيلة التي حصل عليها منذ ٦٦ سنة . الأستاذ يازى سميث ، العالم الفلكي الاسكتلندي ، قبل الوقوف على التفاصيل الحقيقية للبناء ، وقبل أن يعرف ذلك التجويف الموجود في منحدرات الحشو . وإذن فلتنسب فضل هذا الاستكشاف الى شخص أخطأ ، مثل الغالبية فينا ، جملة مرات ، ومع ذلك فهو على النقيض من كثيرين منا قد استكشف جملة استكشافات كثيرة .

(٥) العلاقات المتروولوجية (القياسية)

ان الارتفاع المذكور أخيراً وقدره ٤٨٤ قدماً و ١١ بوصة ، هو بالضبط ٥٠٠ قدم مصرى قديم ، مقدار القدم الواحد ١١ و ٦٣٨ من البوصات . وتلك مطابقة تؤيد الفرض المقصود بكل وضوح . فضلاً عن ذلك فإن محيط القاعدة للربعة المتحصل يساوى محيط دائرة نصف قطرها يساوى هذا الارتفاع ، أى ٥٠٠ قدم مصرى ، ومساحة هذه الدائرة تساوى ١٠٠ ربع أرورا مصرية وربع الأرورا aroura ، والأرورا وحدات مصرية قديمة من وحدات المساحة . ويبلغ طول ضلع الربع ، الذى تساوى مساحته هذه الدائرة التى نصف قطرها ٥٠٠ قدم مصرى ، خمسة أذراع مصرى عادى ، وكل ذراع يساوى ٢٠ و ٦٢٩٣ من البوصات ، وتبلغ مساحته ٢٥ أرورا ، ومساحة المقطع الرأسى القائم تساوى ربع هذه المساحة .

ويبلغ ارتفاع مدماك قاعدة الهرم ٥ أقدام مصرية ، أما ارتفاع المدماك البارز التالى — وهو المدماك الخامس والثلاثون — فيبلغ ١٠٠ قدم مصرى مقياساً من محوره أو نصف سمكه . فكان هذا التطابق أول ما أرشدنى الى العالم البنائية المعينة للعمل المضبوط المختار لمنحدرات الجر المؤقتة . ويدل محور المدماك الخامس والثلاثين ، بواسطة بعده المقيس من الوجه الخلف الى المحور الرأسى المتوسط للهرم ، وبارتفاعه فوق القاعدة ، وبالمستطيل السكون من هذين البعدين ، على أن الأرورا المصرية قد اشتقت من حاصل ضرب قطر دائرة قدره ١٠٠ قدم مصرى فى محيطها . وقد كان مرجحى فى تقدير جميع هذه الوحدات المذكورة هو سيرفلندرز بترى ، وهى ١١ و ٦٣ الى ١١ و ٦٤ من البوصات للقدم ٢٠ و ٦٣ من البوصات للذراع العادى ، وان طول ضلع الأرورا المربعة (بحسب ما ذكره هيرودوت وهورابولون Horapollon) يساوى ١٠٠ ذراع عادى . وكل هذه العلاقات

والنسب المذكورة موافقة بل تؤكد العلاقات للتطابق التي حصلنا عليها من ترتيب مشروع الهرم الأكبر من الداخل . (انظر شكل ١٢ الماضى) .

(٦) معالم الجر بواسطة الرجال

على المنحدرات القائمة المدهونة تماما بالشحم (وقد ذكرنا معامل احتكاكها)
تبلغ قوة الشد للطن الواحدة $\frac{1}{4}$ ٦٣٢ من الباوندات . فاذا فرضنا أن الضغط الواقع على كتف كل رجل من جراء الشد وهو يسير بسرعة قدم واحد فى الثانية هو ٦٣ باوندا ، فإنه يلزم للطن الواحدة ١٠ رجال . ولكن متوسط وزن الكتلة الواحدة وزن $\frac{1}{4}$ من الطن ومتوسط مسافة الجـ ٧٤٦ قدما (شكل ١٩) وكل جماعة من جماعات الجرارين تستطيع ، فى المتوسط ، أن تذهب وتعود مرتين فى كل طريق فى الساعة ، بشرط أن تكون عند القاعدة أحمال جديدة لمدة النقل وأن يكون هناك رجال موجودون عند مساحة الفرش لكي يقدموها الزحافة ويفرغوها . واذن عندما تصل زحافة محملة الى جهة التفرغ تكون أخرى فارغة قد أزيحت . وعلى ذلك يكون لكل طريق من طرق الجـ فى المتوسط جماعة واحدة تعمل فيه ، إن صاعدة وإن هابطة . ومن ثم يكون العدد المتوسط للعمال المستغلين بالجـ فى الهرم هو حاصل ضرب عدد الطرق البالغ ٢٨ فى الوزن المتوسط للكتلة وهو $\frac{1}{4}$ من الأطنان فى عدد العمال اللازمين للطن الواحدة وقدره ١٠ رجال أى ٧٤٧ عاملا لجـ الأثقال :

ونلاحظ أن هذه النتيجة تغطى رجلا واحدا لكل قدم واحد من طول مسافة الجـ المتوسطة . وهذا يبدو كأنه « ثابت للعمل labour constant » استخلص من التجارب السابقة فى بناء الهرم ، مع العلم بأن القدم المصرى يساوى من ١١ و ١١٦٣ الى ١١ و ٦٤ من البوصات .

وإذا ضاعفنا عدد العمال للتجديد والراحة ، أى بمثابة مرفق واحد فى الساعة

لكل جماعة ، فإن ١٥٠٠ عامل تكفى لعملية الجر كلها فى الحرم وأيضاً لعملية التفرغ عند سطح الفرش . ويظهر من ذلك أنه بمساعدة ٣٦٠٠ إلى ٤٠٠٠ بناء وعامل فى الشكنات ، يقوم ٦٠٠٠ من العمال غير الحاذقين أو الذين مهارتهم بين بين بعملية حمل الأثقال باستمرار الى الحرم وفوقه حتى ولو كانت عمليات جر الحجارة ووضعها وصلها تعلق فى شهور الصيف الثلاثة . وهذا بعيد الاحتمال لأن عمل المهاجر كان يبدأ خلال الصيف كما تدل عليه التواريخ الموجودة على السكتل المنقطة لمرم صنفرو فى ميدوم . على أن الحر بالقرب من القاهرة زمن الصيف ليس فوق طاقة الأهالى . ففى كثير من المباني الحديثة فى مصر ، كبناء السكبارى ، كان العمل يجرى فى مجرى النيل أثناء انخفاضه وفى فصل الحر .

ورى فى الجدول الآتى بياناتاً لمعالم الجر الأدنى كل مستنيتين متعاقبتين من سنى البناء ، وقد اعتبرت فى هذا الجدول أن أيام العمل فى السنة ٣٠٠ يوم وساعات العمل فى اليوم ١٠ : —

متوسط عدد الرجال لكل سكتة	مسافة الجر للتوسطة بالقدم			متوسط وزن الكتلة		عدد السكتل فى الساعة لكل طريق	فترة البناء فى السنتين
	مجموع	فى اتجاه أعلى	فوق للتهدر	بالطن	بالطن		
٤٥	٢٦٨	١١٨	١٥٠	٤½	٢½	{ ١	{ ٢
٣٣	٤٦٤	١٠٤	٣٦٠	٣½	٢½	{ ٢	{ ٤
٢٥	٦٦٠	٩٤	٥٦٦	٢½	٢½	{ ٣	{ ٥
٢٠	٨٤٤	٨٠	٧٦٤	٢	٢	{ ٤	{ ٧
٢٠	١٠٧٠	٦٦	١٠٠٤	٢	٢	{ ٥	{ ٨
١٤	١٣٩٠	٤٤	١٣٤٦	١½	٢	{ ٦	{ ١١

(٧) الفرش والوصل الميكروسكوبيين

لقد أشرت فيما مضى إلى استحالة لصق الفرش والوصلات الميكروسكوبية تقريباً للحجارة اللقطة للهرم الأكبر بأية وسيلة حديثة من وسائل الوصل بالسمنت . ولقد حدث لى خلال إعداد رسالتى الأولى أن طرأت على فكرة أن السكتل للقافة ربما بللت بمحلول ، أو دلكت سطوحها بمحلول قبل وضعها أو صب عليها وفيما بينها بمد وضعها ، وأن يكون من خواص المحلول ما للسمنت اذا وضع بين السكتل للجاورة . أضف لذلك أن مثل هذا المحلول قد يكسب السطوح للقافة بريقاً أو لمعاناً — هو الأصل فى خواص الانعكاس الضوئى التى شرحتها فى رسالتى الأولى .

لذلك أجريت بحثاً دقيقاً فى سلع للمصريين القدماء لكى أعثر على المواد التى يتكون منها مثل هذا المحلول ، والتى يمكن الحصول عليها بمقادير وافرة . فوجدت أن الشب هو المادة الوحيدة ، التى تنى بكل الشروط ، والتى استطعت العثور عليها إلى الآن ، فهى كانت توجد بكثرة فى جبل طارف فى الجزء الشمالى من الواحات الخارجة . وقد استخرجت كل مقادير الشب حتى نفذت . ثم أتى من جهة أخرى أعرف أن قدماء المصريين كانوا يستعملون الشب فى الأصباغ ، لأنهم كانوا قد عرفوا قبل ذلك بزمان طويل استعمال المواد المثبتة للألوان . فغفلت الى أنى عثرت على ضالتي . ولذلك استطعت رأى خبيرين فى الكيمياء هما الأستاذ مستر ج : هيوم J. Hume . I. بقسم الكيمياء بجامعة لينز ، ومستر ج . ا . ورسديل J. E. Worsdale . I. الخبير الكيمياء لشركة الخواجات ج . ت . ارل Earle . فوافقانى على رأيي . ولكن الأمر الذى كانا يشكان فيه هو درجة اللصق التى يمكن الحصول عليها خلال زمن إجراء تجربة عادية . على أنى لم أهتم بذلك

اهتماماً بمسألة النمو للطرد لمتانة اللصق خلال زمن طويل . وهذا النمو نتيجة رشحان الأملح والمواد السمنتية من سطوح الهرم للبنية بالحجر الجيري في اللمرات والحجرات الداخلية حيث الفرش والوصلات ميكروسكوبية أيضاً . وفي الحقيقة أن الفرش والوصلات في كثير من الحالات تصعب رؤيتها وذلك نتيجة انبثاق المادة الملاطية اللاصقة . لهذا كنت في بحثي أتبع طريقاً مخططاً للوصول الى عامل يمسد كل البعد عن أن يكون له خاصية اللصق الملاطية الطبيعية ، تلك الخاصية التي طالما نسبوها لكتل الهرم المقطوعة من الهرم الجيري . وعدا هذا فهناك مسألة أخرى تستحق الاعتبار وهي أن الكتل المغطاة ذات وزن نوعي أقل من كتل الحشو الحجرية ، وهي الكتل القلبية — وهذا الفرق يبرر في الظاهر الرأي القائل بأن الكتل المغطاة عرضت لمعالجة خاصة كانت نتيجة أنها طردت الى خارجها جزءاً من مادتها على شكل غاز . ويبلغ وزن القدم المكعب من الحجر الجيري المغلف ١٣٠ باونداً تقريباً ، أما وزن القدم المكعب من حجارة الحشو فيزيد عن ذلك ٢٠ باونداً . ويقول الأستاذ بيازي Piazzi « أنها حين تضرب بمطرقة ضرباً حاداً تنبثق منها رائحة كريهة ، كرائحة الايدروجين المكثرت . وقد لاحظ ذلك الدكتور كلارك Clarke سنة ١٨٠١ . »

ولقد لاحظت في مستر ورسديل ، وهو زميلي في عضوية لجنة فرع المعهد جيولوجي ، وأجرى تلك عدة تجارب هامة لطبر نظريتي . وهذا ما قاله نتيجة لهذه التجارب « من المألوف به أن تفاعل كياويا يحدث بين محلول قوى للشب وبين الحجر الجيري ، ويتصاعد ثاني أكسيد الكربون . وقد تأيد ذلك بتجربة أخرى ، هي أنه عند صب محلول الشب على ورقة ترشيح وضع فوقها حجر جيري مجروش ، وجد أن السائل للار خلال ورقة الترشيح يحوي مقداراً كبيراً من مركبات الجير ذائباً فيه . »

وبعد ذلك أجرى مستر ورسديل أيضاً بعض اختبارات طبيعية أولية

للتأكد من درجة التماسك التي يمكن الحصول عليها بصب عدة محاليل على
الحجارة الجيرية ذات السطوح المتباينة ، ثم تركها مدداً قصيرة مختلفة . فإن أسفرت
هذه الاختبارات عن أمر هام شرحتة تفصيلاً في المجلة . ويكفي الآن أن أقول
انه حصل على عدة درجات تماسك مختلفة ، وأن السطوح المستوية عند وضع
المحاليل عليها وبينها تلامست وتماسكت بشدة — ولا يمكن تعيين هذه الشدة
بالضبط بالنظر الى علم وجود أجهزة لقياسها .

ومستور وسدّيل قد قصد جنوب أفريقيا للعمل ما ، وأنا أيضاً مشغول في
أعمال أخرى ، ولذلك لم نجر بحوثاً أخرى . ولكن يلاحظ أن هناك حالة
نجمت عن هذه البحوث الأولية ، وهي تبرر مواصلة البحث ، ولست أدري
إن كان هذا سيتم انهاراً لفرصة تجارية أو جرياً وراء انجاز عمل فني عظيم .

(انتهى)





